


PROVINCIA DI PARMA

COMUNE DI COLORNO

Relazione di calcolo strutturale

RIFACIMENTO PONTE VIA ALZAIA - SACCA DI COLORNO (PR)

 studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

SOMMARIO

1.	DOCUMENTI DI SINTESI	3
1.1.	Sintesi del percorso progettuale.....	3
1.2.	Condizioni d'uso e livelli generali di sicurezza della costruzione	4
2.	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE.....	5
2.1.	Descrizione generale dell'opera e criteri generali di progettazione, analisi e verifica.....	5
2.2.	Quadro normativo di riferimento adottato.....	8
2.3.	Azioni di progetto sulla costruzione.....	9
	Spinta del terreno	9
	Azione del vento	10
	Spinta idraulica	12
	Azioni applicate alla struttura	13
	Azione sismica di riferimento.....	16
	COMBINAZIONI DI CARICO	21
2.4.	Modello numerico	25
	Metodologia di modellazione e di analisi.....	25
	Informazioni sul codice di calcolo.....	29
	Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche	33
	Modellazione dei vincoli esterni ed interni.....	34
	Modellazione delle azioni	34
	Combinazioni e/o percorsi di carico	34
2.5.	Principali risultati	35
	Deformate e sollecitazioni per condizioni di carico	35
	Inviluppo delle sollecitazioni maggiormente significative	44
	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	88
3.	RELAZIONE SUI MATERIALI	89
3.1.	Elenco dei materiali impiegati e loro posa in opera	89
	Calcestruzzi	89
	Acciaio per C.A.	94
	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA	94
	ACCIAIO PER BULLONATURE.....	94
3.2.	Valori di calcolo	95
4.	ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI	96
5.	PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA	96
6.	RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI – INDAGINI SPECIALISTICHE	96
ELENCO ELABORATI GRAFICI ALLEGATI		
C.4.	Piante, sezioni, prospetti di dettaglio	
C.5.	Carpenteria ed armatura fondazioni, spalle e muri andatori	
C.6.	Carpenteria ed armatura impalcato	
C.7.	Carpenteria ed armatura travi	

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

1. DOCUMENTI DI SINTESI

1.1. Sintesi del percorso progettuale

Il presente progetto strutturale è stato redatto sulla base degli elaborati grafici architettonici prodotti, dei sopralluoghi e rilievi eseguiti.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo ponte sul canale "Fossetta dell'Abate" su via Alzaia, pochi metri prima della foce che porta il canale a sboccare nel fiume Po, in sostituzione di quello preesistente parzialmente crollato.

Il ponte in progetto avrà le seguenti caratteristiche:

- la struttura portante in cemento armato impermeabilizzato con un additivo tipo "Penetron; Admix", costituita da 2 travi principali con sezione ad arco ed una soletta di sp. 45 cm che formerà il piano carrabile;
- i dadi di fondazione posati su pali trivellati con diametro 50 cm per intercettare i livelli litologici a maggiore consistenza ed evitare fenomeni di cedimenti o sifonamenti delle fondazioni;
- manterrà la carrabilità attuale, con una larghezza di complessiva di 3,50 m;
- la luce netta di 17,00 m.



Elaborazione tridimensionale e fotoinserimento del ponte in progetto

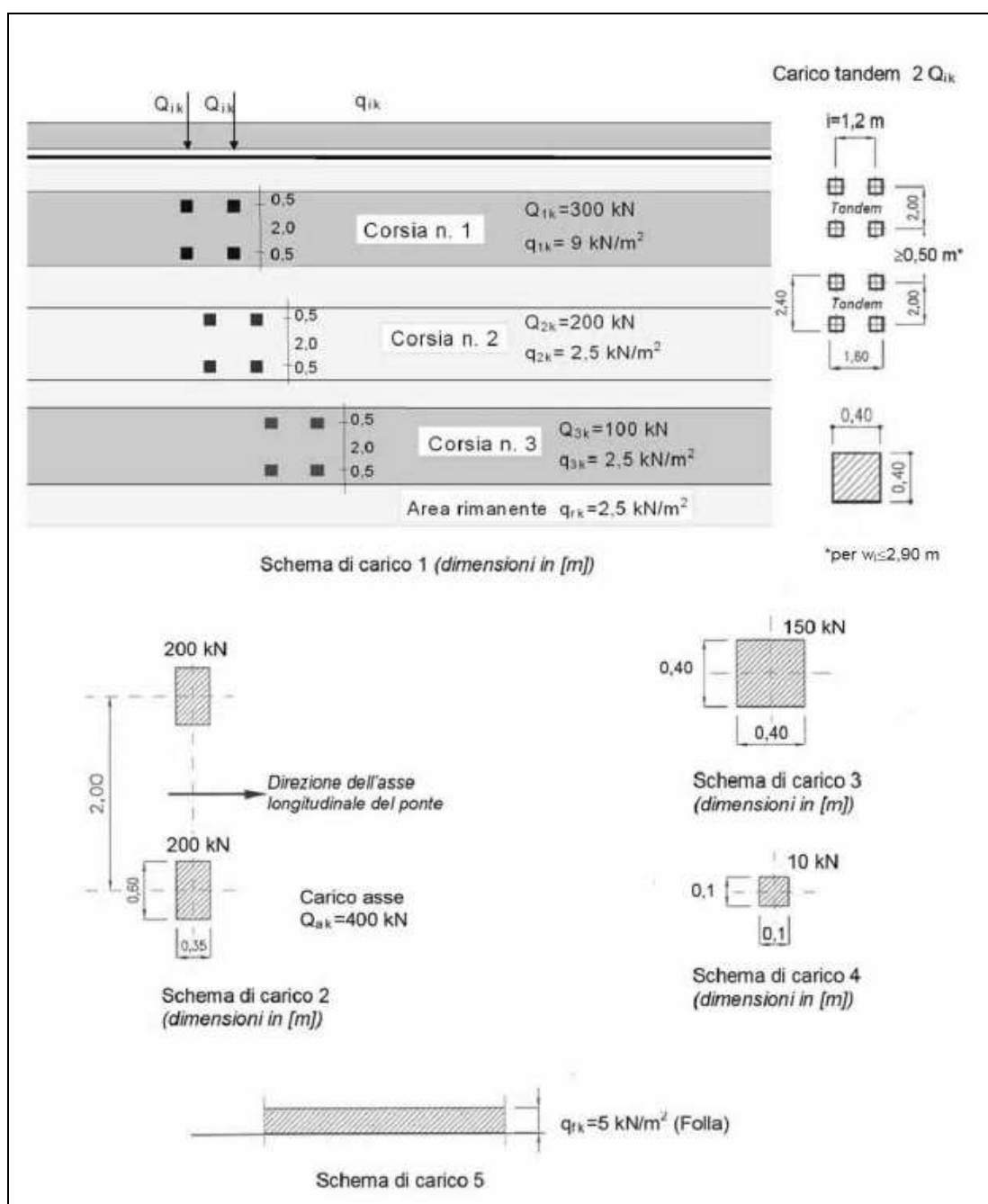
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

Data: aprile 2014
File: 2.6 - Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc


1.2. Condizioni d'uso e livelli generali di sicurezza della costruzione

La struttura sarà realizzata in classe di uso II, con una vita di riferimento di 50 anni e con un tempo di ritorno del sisma allo SLV di 475 anni. Il calcolo è stato eseguito allo stato limite ultimo, considerando come azioni sollecitanti l'involuppo derivante dall'analisi sismica modale e dalla analisi statica allo SLU, il tutto nel rispetto delle NTC2008. Il fattore di struttura è stato calcolato come normativa vigente.

Per la valutazione dei sovraccarichi si è fatto riferimento alla cat. II per i ponti e di conseguenza allo schema di carico 1, come definito al cap. 5.1.3.3.3 delle NTC2008 (si veda figura seguente).



Schemi di carico per i ponti

 studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

2. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

2.1. Descrizione generale dell'opera e criteri generali di progettazione, analisi e verifica

Su incarico di A.I.Po, a corredo del Progetto Esecutivo per il rifacimento del ponte carrabile sul canale denominato "Fossetta dell'Abate" su via Alzaia in loc. Sacca nel Comune di Colorno, è stata redatta la presente relazione di calcolo strutturale.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo ponte sul canale "Fossetta dell'Abate" su via Alzaia, pochi metri prima della foce che porta il canale a sboccare nel fiume Po, in sostituzione di quello preesistente parzialmente crollato.

Il nuovo ponte avrà forma ad arco che richiama quella precedente ma che presente una maggiore snellezza minore occupazione dell'alveo del canale; tale geometria garantisce inoltre una minima resistenza alle correnti d'acqua che si creano nei periodi di allagamento della zona corrispondenti alle piene del Po, non restringendo in alcun modo la sezione dell'alveo; la sommersione ciclica del manufatto rende inoltre rilevante l'utilizzo di materiali durevoli e resistenti all'acqua.

Il ponte in progetto avrà le seguenti caratteristiche:

- manterrà la carrabilità attuale, con una larghezza di complessiva di 3,50 m di cui 3,00 m per la carreggiata e di 25 cm per lato occupati dal parapetto;
- la quota del piano stradale è rimarrà invariata a + 28,50 m s.l.m. (a 5,64 m dal livello di scorrimento del canale "Fossetta dell'Abate");
- il raggio di curvatura dell'arcata del ponte sarà di 19,06 m ;
- il franco rispetto a piano di scorrimento del canale sarà di circa 5,00 m;
- la luce netta sarà di 17,00 m;
- la struttura portante sarà in cemento armato impermeabilizzato con un additivo tipo "Penetron Admix";
- la pavimentazione dell'impalcato sarà con ghiaia a vista che garantirà un aspetto totalmente naturale e una durabilità nel tempo elevata. Essa sarà realizzata con un pacchetto tipo "Levocell - Pieri® Chromofibre VBA", una pavimentazione architettonica eseguita mediante l'impiego di calcestruzzo gettato in opera e ghiaia a vista, previa realizzazione di un sottofondo in calcestruzzo e posizionamento dei giunti di dilatazione; la miscela sarà opportunamente additivata per ottenere elevata resistenza ai cicli di gelo/disgelo, all'abrasione, alla fessurazione e agli urti e riduzione delle efflorescenze. Tale pavimentazione risulta inoltre essere antisdrucchiolo ed il materiale ha un aspetto simile a quello della pietra che, nel corso degli anni, acquisisce una patina naturale senza la necessità di una fastidiosa e costosa manutenzione.
- la ringhiera avrà una forma del tutto permeabile all'acqua e allo stesso tempo leggera e lineare; sarà interamente realizzata in acciaio zincato con finitura tipo "corten" e composta da due profili orizzontali ad L 5 x 5 cm alle estremità superiore e inferiore e aste verticali a sezione circolare con altezza di 110 cm .
- ai lati dell'impalcato saranno installate luci di segnapasso a led con pannello solare integrato che consentiranno di ottenere un'illuminazione di sicurezza notturna a basso impatto luminoso garantendo l'autonomia dell'impianto che non dovrà essere allacciato alla rete elettrica.

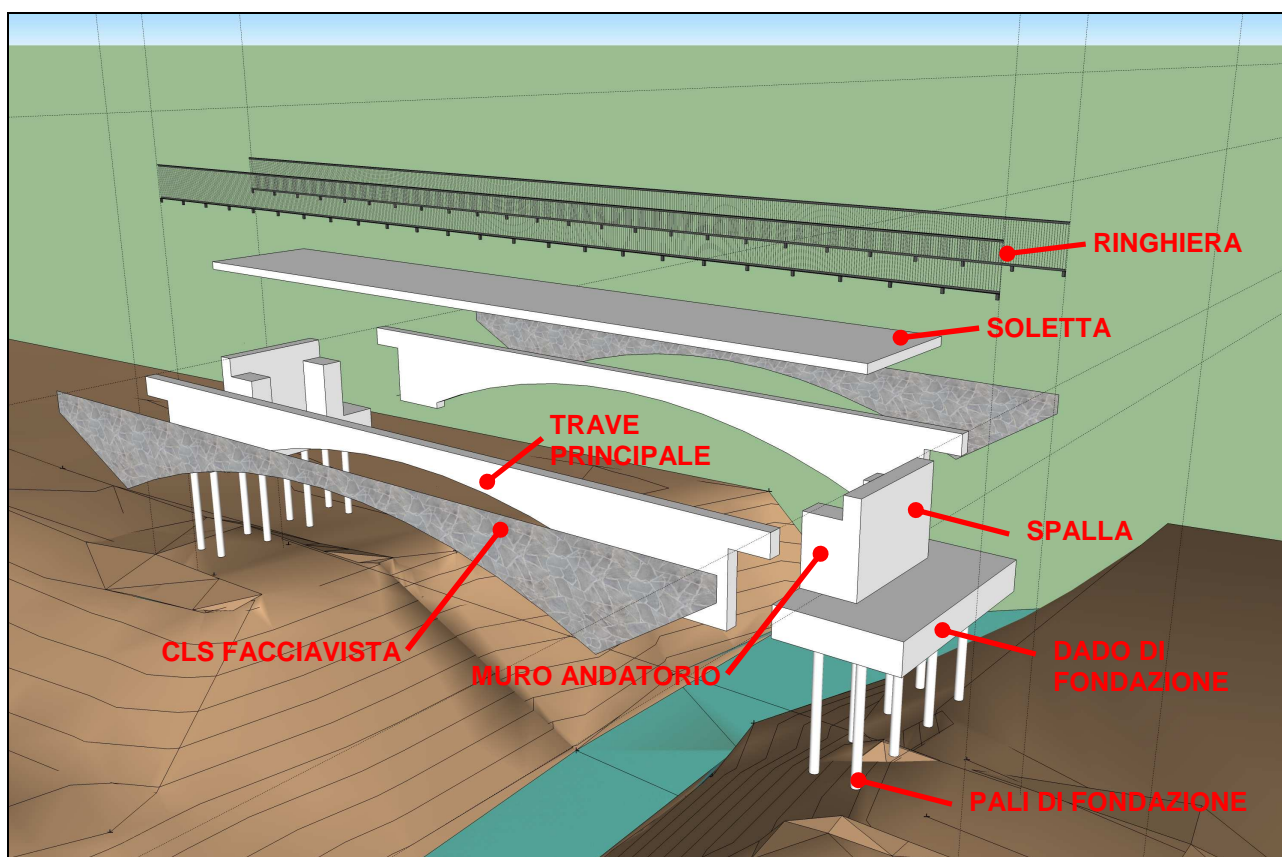
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc

La struttura portante del ponte sarà realizzata in c.a. con:

- dadi di fondazione, con dimensioni 2,60 x 5,50 m con spessore 0,80 m, posati su pali trivellati con diametro 50 cm e lunghezza 15,00 m per intercettare i livelli litologici a maggiore consistenza ed evitare fenomeni di cedimenti o sifonamenti delle fondazioni;
- le spalle e i muri andatori avranno spessore 60 cm e altezza 2,70 m;
- n. 2 travi principali con sezione ad arco con raggio di curvatura di 19,06 m con sezione in mezzera di 0,60 x 0,70 m e luce netta di 17,00 m;
- soletta con larghezza 2,30 m e spessore 45 cm che formerà il piano carrabile;

Si veda anche la rappresentazione grafica riportata di seguito.

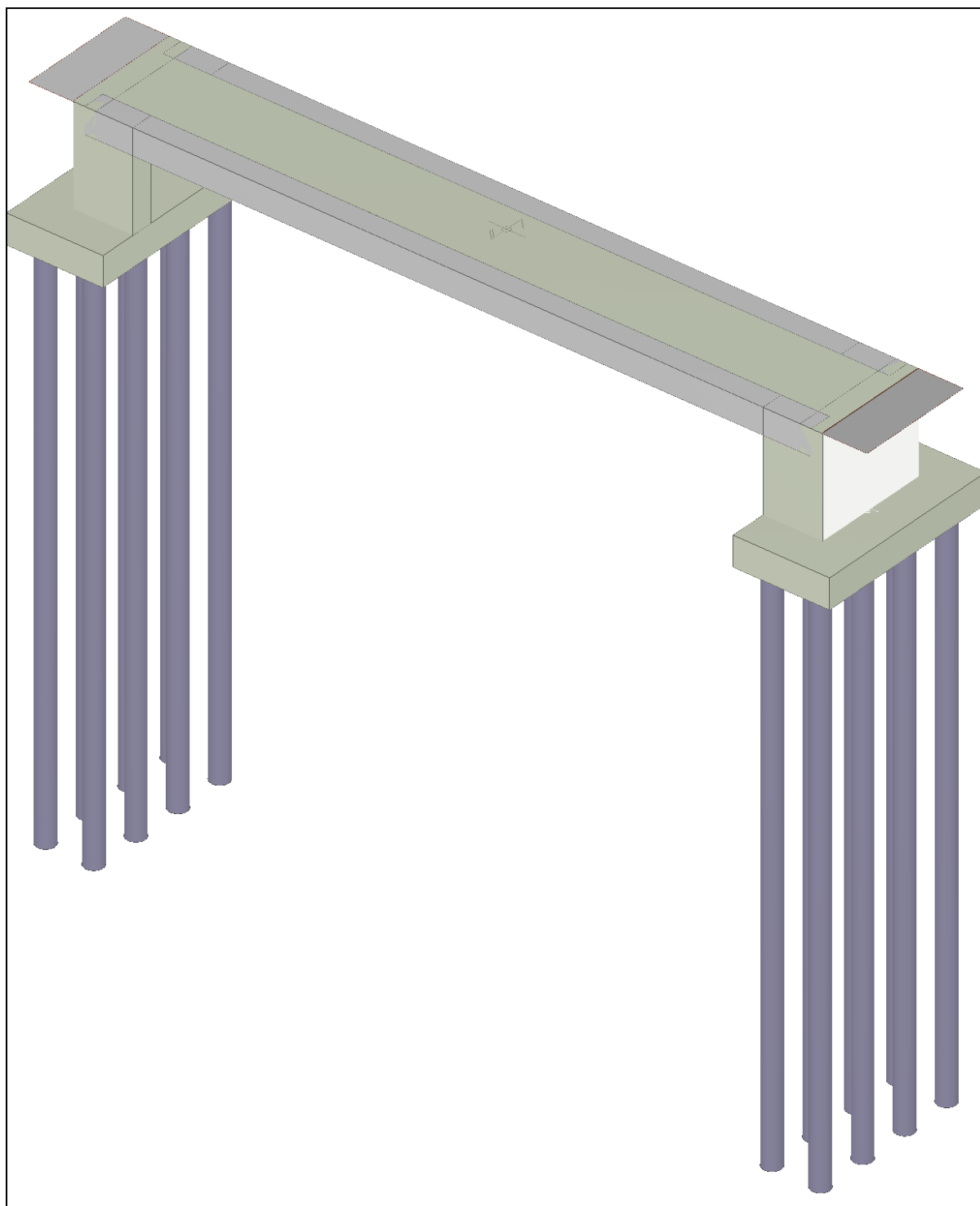


Esplosione della struttura del ponte


SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Le strutture sono state calcolate applicando le seguenti ipotesi:

- travi principali rettilinee, con parte ad arco modellata come carico permanente;
- armatura travi e soletta generata dall'involuppo dei calcoli in 3 diverse condizioni di vincolo fra le travi e la fondazione: incastro, cerniera e semincastro.



Schema strutturale del ponte

 studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

2.2. Quadro normativo di riferimento adottato

- Legge 5 novembre 1971 N. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- OPCM 3274 d.d. 20/03/2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, e successive modifiche e integrazioni (OPCM 3431 03/05/05).
- L.R. N. 19/2008 – Regione Emilia-Romagna – “Norme per la riduzione del rischio sismico”
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76) “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”. Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.
- Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G. U. 4 febbraio 2008, n. 29 - Suppl.Ord.) “Norme tecniche per le Costruzioni”.
- Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella: Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.) “Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

2.3. Azioni di progetto sulla costruzione

Un'accurata valutazione dei carichi è un requisito imprescindibile di una corretta progettazione, in particolare per le costruzioni realizzate in zona sismica.

Essa, infatti, è fondamentale ai fini della determinazione delle forze sismiche, in quanto incide sulla valutazione delle masse e dei periodi propri della struttura dai quali dipendono i valori delle accelerazioni (ordinate degli spettri di progetto).

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del cap. 5 del D.M. 14/01/2008.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

Le analisi effettuate, corredate da dettagliate descrizioni, sono riportate nei tabulati di calcolo nella relativa sezione.

Nel calcolo delle strutture si è tenuto conto delle situazioni derivanti dall'effetto combinato dei carichi accidentali e permanenti.

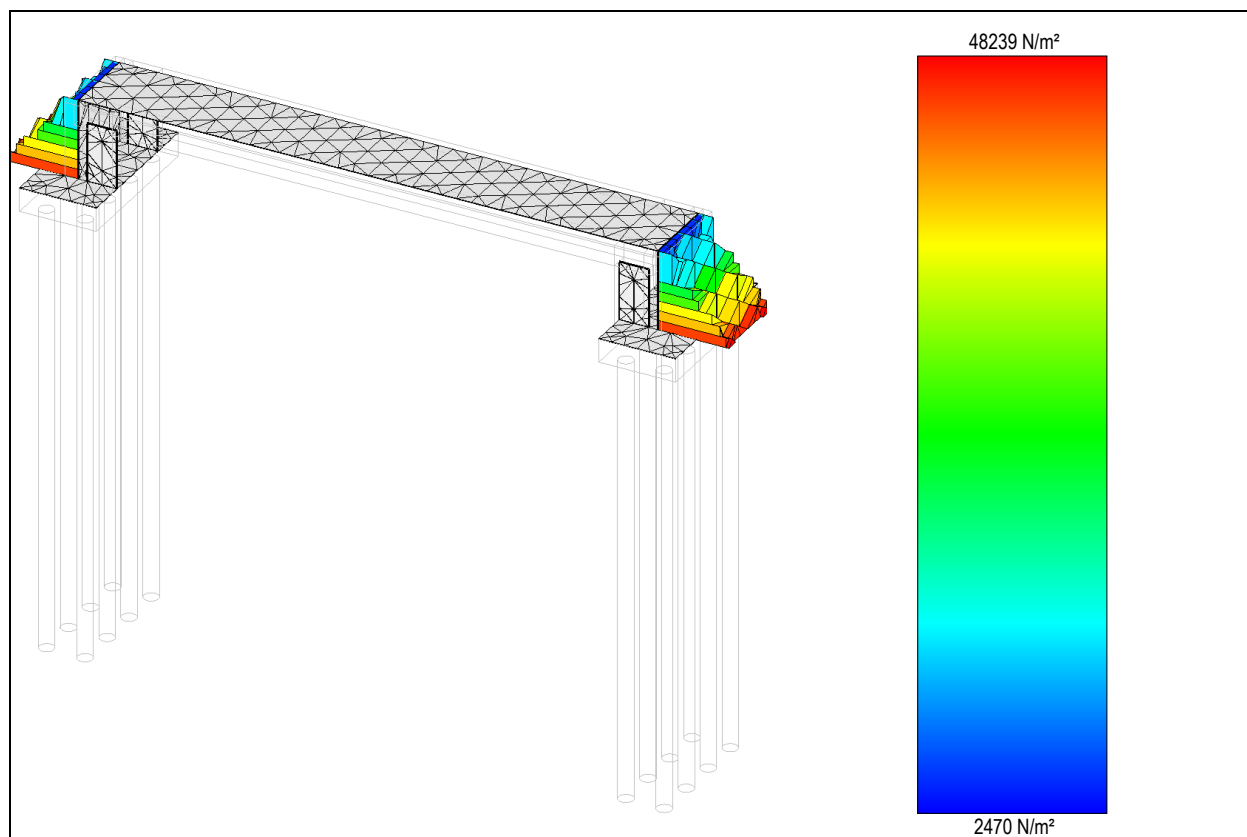
Spinta del terreno

Agli shell sottoposti a spinta del terreno asciutto è applicata una pressione normale diretta verso l'interno dei manufatti pari a:

$$p = \gamma \cdot z \cdot K_a$$

dove z è la profondità dal piano campagna e K_a il coefficiente di spinta attiva.

Tale condizione di carico è classificata come permanente e applicata in condizione sismica e non (si veda diagramma seguente).



Spinta del terreno sulle spalle del ponte

Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

Data: aprile 2014
File: 2.6 - Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Azione del vento

L'azione del vento sulla struttura è stata determinata come segue:

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

2) Emilia Romagna

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
2	25	750	0,015

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	22
---	----

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_s (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

v_b (velocità di riferimento [m/s])	25
---------------------------------------	----

$$p \text{ (pressione del vento [N/mq])} = q_b c_e c_p c_d$$

$$q_b \text{ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])}$$

$$c_e \text{ (coefficiente di esposizione)}$$

$$c_p \text{ (coefficiente di forma)}$$

$$c_d \text{ (coefficiente dinamico)}$$



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	390,63
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5					
	costa	mare	500m	750m	
	2 km	10 km	30 km		
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	*	III	III	IV
D	I	II	II	II	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

ZONA 6					
	costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare	costa	
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

ZONA 9		
	costa	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

z altezza edr [m]	Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
5	2	D	22

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_i \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_i \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

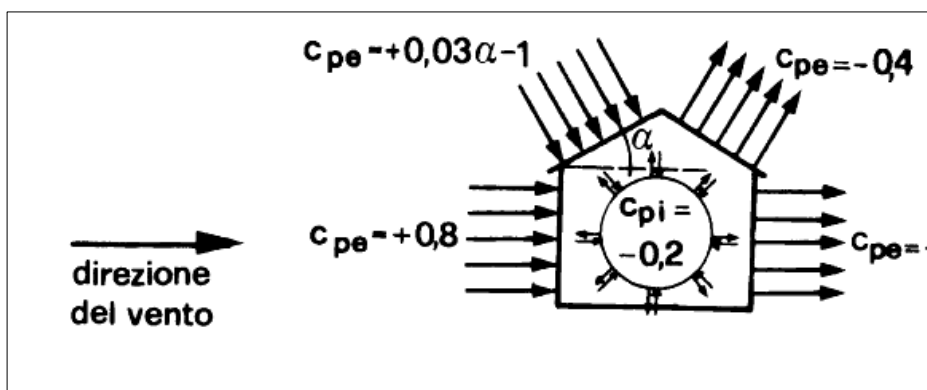
Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_i
II	0,19	0,05	4	1

c_e	1,93
-------	------

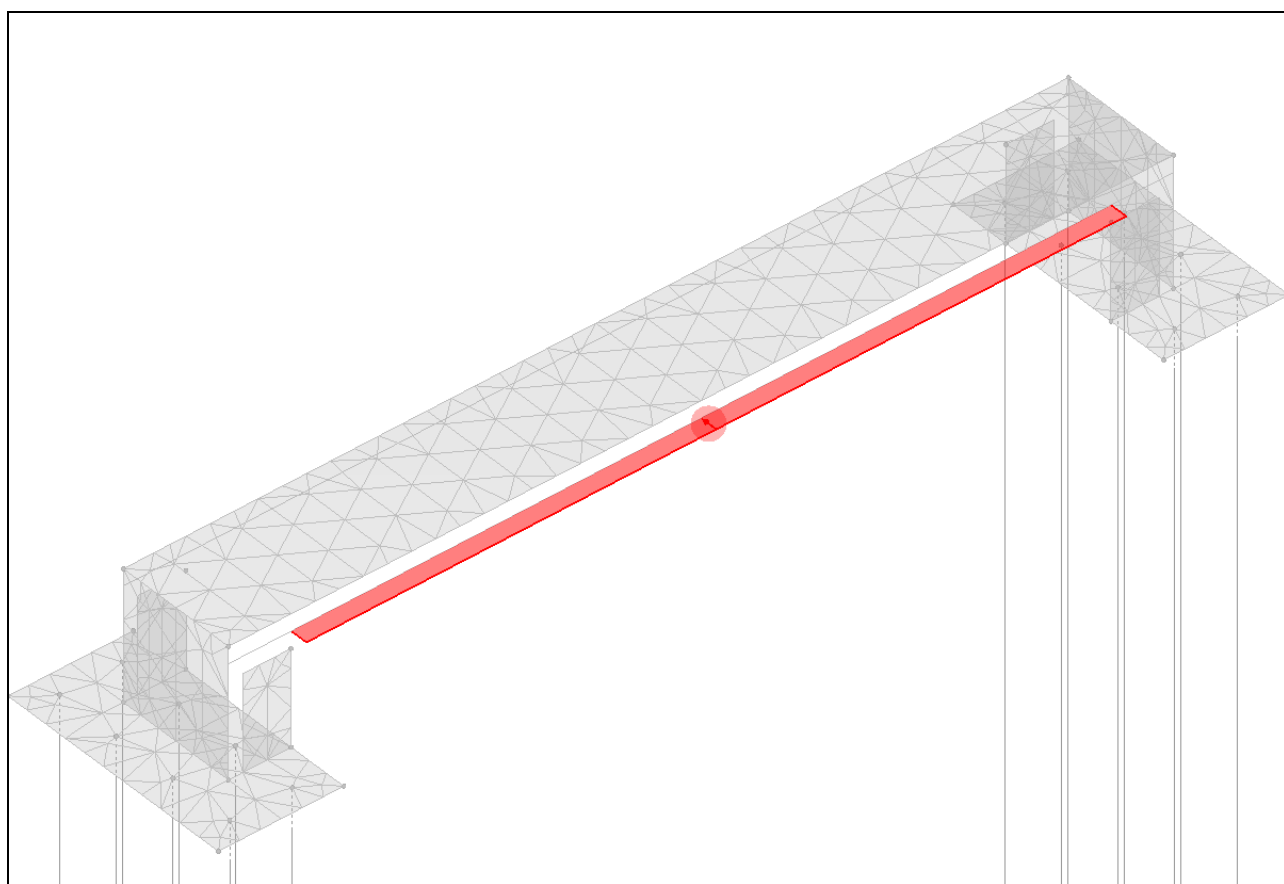
La pressione del vento a meno del coefficiente di forma vale: 753,64 N/mq (0,7536 kN/mq)

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Per quanto riguarda il valore del coefficiente di forma da applicare all'azione del vento, trattandosi di una costruzione non stagna, è stato applicato un fattore $c_p=1$ sulla faccia esterna della trave principale, somma della pressione esterna ($c_{pe}=0,8$) e della depressione interna ($c_{pi}=0,2$). L'azione del vento è stata modellata come forza lineare di entità 3,5 kN/m con direzione +Y.



Azione del vento: coefficienti di forma per costruzioni non stagne



Schema carico lineare per azione del vento

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Spinta idraulica

Essendo all'interno dell'area golenale, la zona di ubicazione del manufatto è soggetta a periodici allagamenti a causa delle piene del fiume Po. Essendo la direzione di scorrimento della corrente del Po parallela all'impalcato del ponte, l'interazione tra essa ed il manufatto è minima; sulla base dei dati comunicati dai tecnici di Aipo, la velocità della corrente nella zona nei momenti di sommersione del manufatto è stata stimata in 2 m/s.

Ne deriva una forza idraulica di trascinamento pari a 2,78 kN/m: essendo tale forza inferiore all'azione del vento e non contemporanea ad essa, essa è stata trascurata nel calcolo.

CALCOLO FORZA DI TRASCINAMENTO SU PONTE

Dati idrologici

Vmax = 2,00 m/s

velocità corrente V=Q/A

Dati generali

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

densità acqua

$\mu = 1,50\text{E-}04 \text{ Ns/m}^2$

densità relativa acqua

$\nu = 1,50\text{E-}06 \text{ m}^2/\text{s}$

viscosità cinematica acqua $\nu = \mu/\rho$

Dati pila ponte

Af = 25,00 m²

area frontale investita dal fluido

Cx = 1


coefficiente di forma pila

Lungh = 18 m

lungh. Ponte

$$F = C_x \cdot \frac{1}{2} v_{\infty}^2 \cdot A_F \cdot \rho_{H_2O}$$

F=	50000,00 N
	50,00 kN
p=	2,78 kN/m

 studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Azioni applicate alla struttura

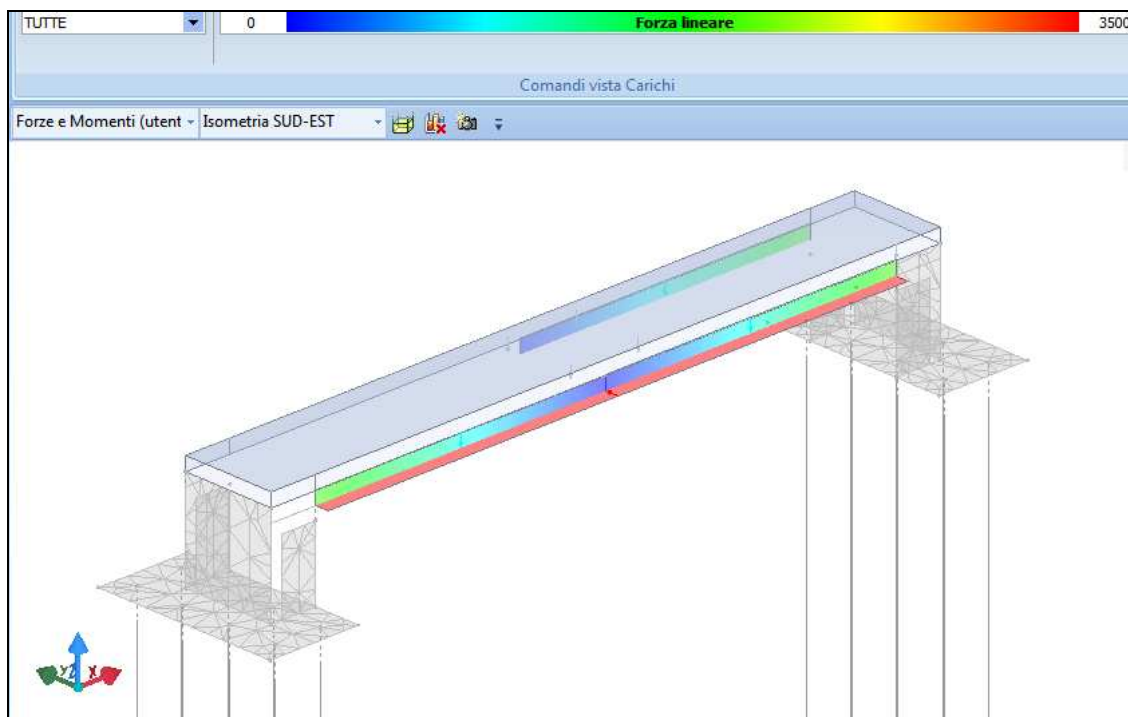
La struttura è stata verificata in presenza dei carichi accidentali da traffico (carico distribuito e carico tandem concentrato) e vento; l'azione de neve non è stata considerata in quanto non concomitante con essi. Come carichi permanenti sono stati considerati il peso della porzione ad arco delle travi e la pavimentazione in calcestruzzo e ghiaia.

Le azioni applicate al modello strutturale sono indicate nella tabella seguente:

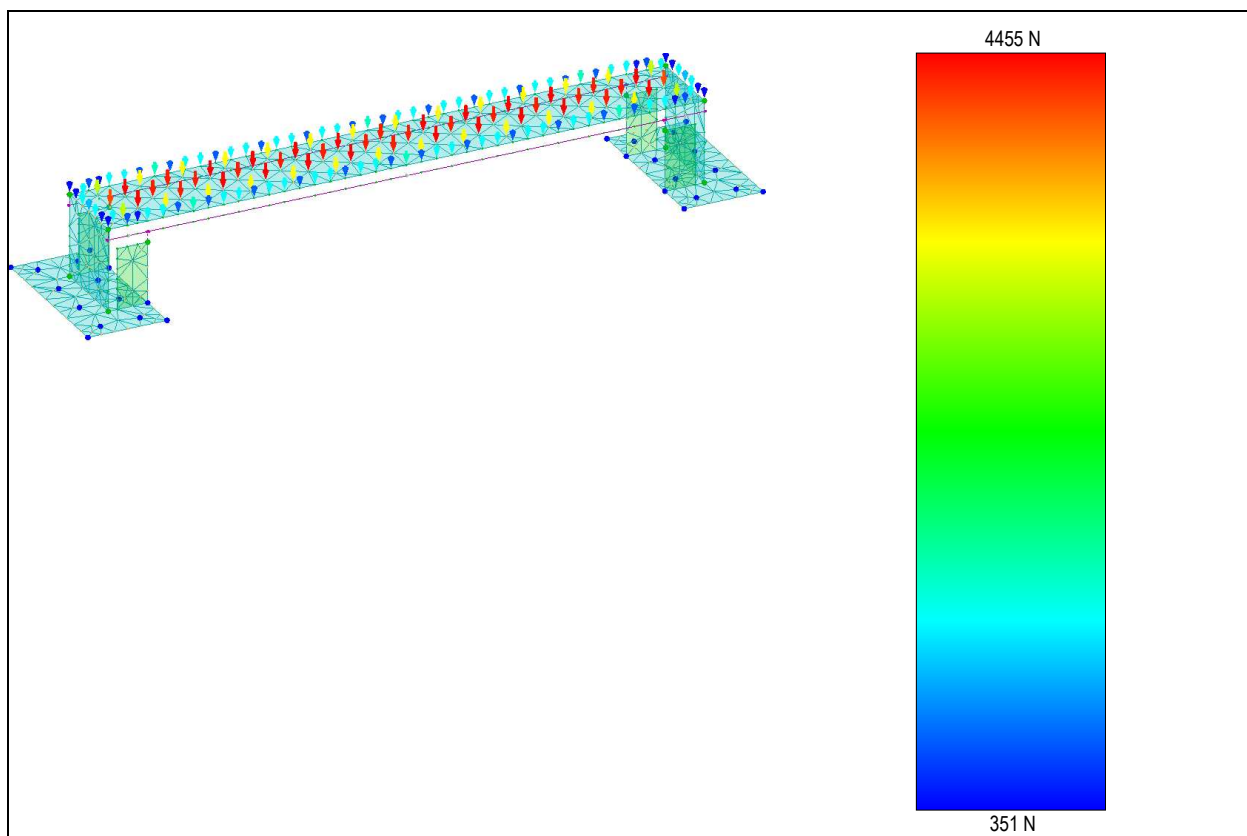
Analisi carichi											
N	Tipo Car.	Descrizione del Carico	Condizione di Carico	Peso proprio		Sovraccarico Permanente		Sovraccarico Accidentale		Carico neve	ϕ
				Descrizione	PP	Descrizione	SP	Descrizione	SA		
001	S	Impalcato ponte	Carico Permanente	-	-	-	-	Pavimentazione tipo "Levocell" sp. 15 cm	3.600	0	-
002	L	Azione vento	Carico accidentale	-	-	-	-	Carico lineare - azione vento + Y	3.500	0	-
003	S	Carico traffico distribuito	Carico accidentale	-	-	-	-	Ponte 2a cat. carico distribuito	7.200	0	-
004	C	Carico traffico concentrato	Carico accidentale	-	-	-	-	Ponte 2a cat. carico tandem	120.000	0	-
005	L	Carico trave arco	Carico permanente	-	-	Carico porzione trave curva (carico lineare triangolare)	0-1960	-	-	-	-
LEGENDA Analisi carichi											
N	Numero identificativo dell'analisi di carico.										
Tipo Car.	Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.										
PP, SP, SA	Valori rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "Tipo Carico" ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "SP" e "SA", devono intendersi espressi in [N/m ²] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.										
ϕ	Nel caso di effettuazione dei calcoli secondo l'Ordinanza 3274/03 e s.m.i., è il valore del coefficiente di riduzione delle masse sismiche.										

Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc



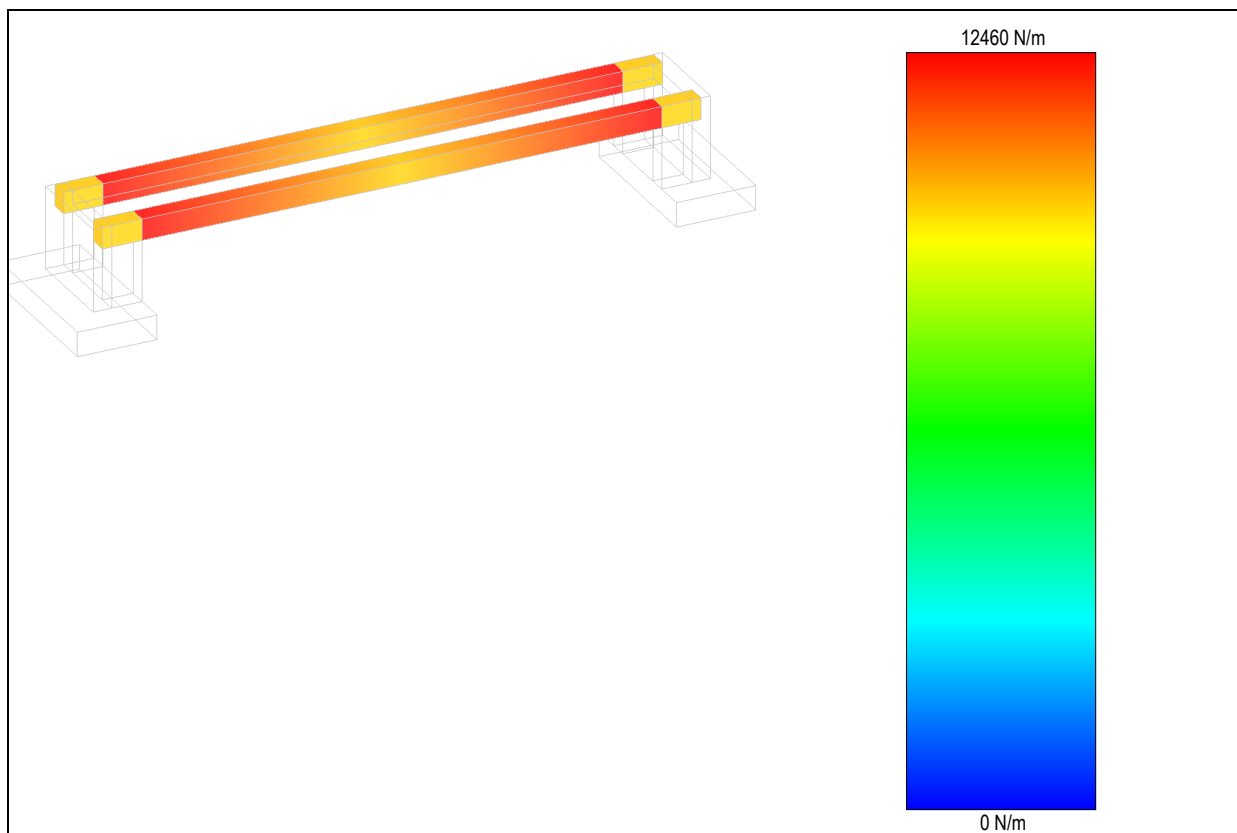
Schema carichi applicati alla struttura




Carichi verticali concentrati equivalenti applicati alla struttura

Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc



Risultante dei carichi applicati sulle travi

 studio di ingegneria srl	Comittente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

Azione sismica di riferimento

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- Definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento della struttura.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum ED50:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
44.9689	10.3749	22

Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di struttura adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura.

La tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e δ , spostamento relativo di piano (Il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato).

Tutti i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei tabulati di calcolo nella relativa sezione.

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità	SI
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	SI
Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25 % della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione	SI
Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti	SI

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione	SI
Massa e rigidità rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidità non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidità si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base	SI
Nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti	SI
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento	SI

La struttura è pertanto:

- REGOLARE in pianta
- REGOLARE in altezza

Classe di duttilità

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio in acciaio di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute.

Le deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri ed evitando meccanismi globali di piano o altri meccanismi intrinsecamente fragili.

Il D.M. 14 gennaio 2008 definisce due tipi di comportamento strutturale:

- a) comportamento strutturale non-dissipativo;
- b) comportamento strutturale dissipativo.

Per strutture con comportamento strutturale dissipativo si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD).

CD "A" (Alta);
CD "B" (Bassa).

<div>SODANO ENGINEERING</div> <div>studio di ingegneria srl</div>	<div>Committente:</div> <div>A.I.Po</div> <div>Agenzia Interregionale per il fiume Po</div>	<div>Documento:</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>
<div>Lavoro:</div> <div>LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)</div>		<div>Data:</div> <div>aprile 2014</div> <div>File:</div> <div>2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc</div>

La differenza tra le due classi risiede nella entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili impreveduti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La struttura in esame è stata progettata in classe di duttilità BASSA.

Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una Vita Nominale pari a 50 e per Classe d'Uso pari a 2.

In base ai dati geognostici si è classificato il suolo di fondazione di categoria B, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	Coef. Ampl. Strat.
Stato limite di operatività	1.20
Stato limite di danno	1.20
Stato limite salvaguardia della vita	1.20
Stato limite prevenzione collasso	1.20

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione a_g al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Struttura q .

Il Fattore di struttura q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il Coefficiente di Amplificazione Topografica ST pari a **1,00**.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati tabulati di calcolo al punto "DATI GENERALI ANALISI SISMICA".

Per la struttura in esame sono stati determinati i seguenti valori:

Stato Limite di salvaguardia della Vita

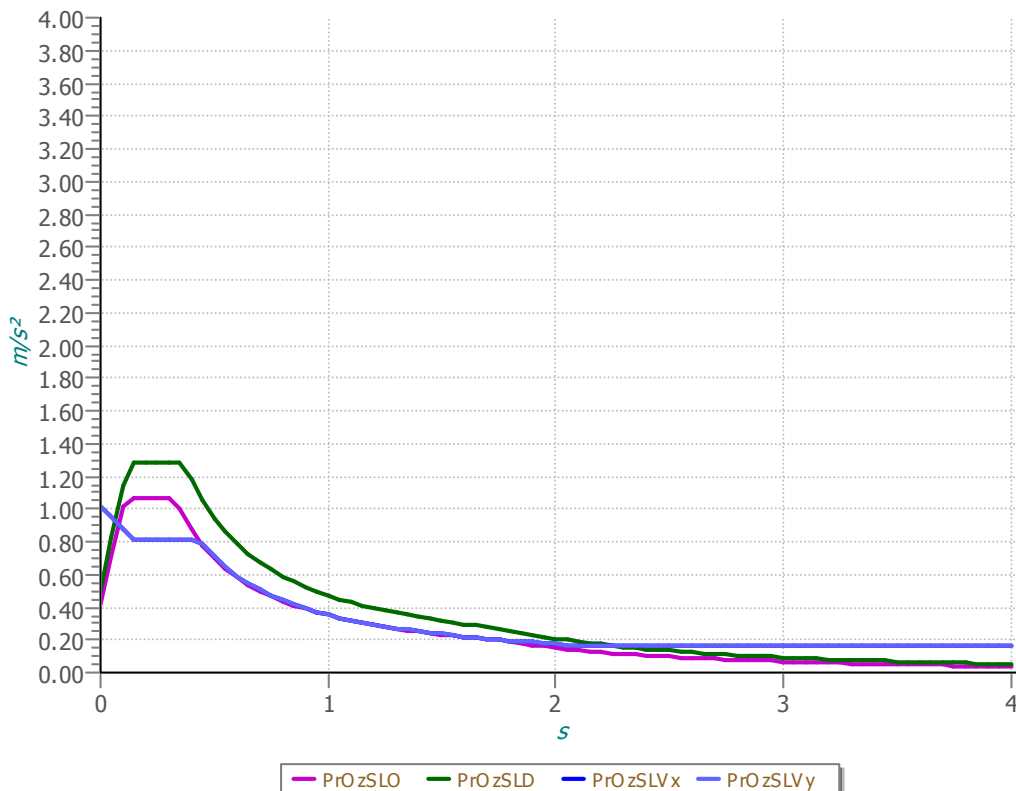
- Fattore di Struttura q per sisma orizzontale in direzione X: 3,30
- Fattore di Struttura q per sisma orizzontale in direzione Y: 3,30

Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.

Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc

SPETTRI di RISPOSTA di ACCELERAZIONE



Dati generali analisi sismica


Ang	NV	CD	MP	S	Mcm	PAC	EcA	IrT	TP	RP	RH	CVE
[ssdc]												
0	20	B	ca	P	N	A	N	N	B	SI	SI	5

Fattori di struttura


Dir. X			Dir. Y			Dir. Z	qSLD
q	$\alpha u/\alpha 1$	Kw	q	$\alpha u/\alpha 1$	Kw	q	
3,3	1,10	1,00	3,30	1,10	1,00	1,50	1,00

Stato Limite	Tr	Ag/g	Amplif. Stratigrafica		F0	T'c	Tb	Tc	Td
			Ss	Cc					
	[anni]	[adim]	[adim]	[adim]	[adim]	[s]	[s]	[s]	[s]
SLO	30	0,0354	1,200	1,489	2,569	0,220	0,109	0,328	1,741
SLD	50	0,0424	1,200	1,447	2,574	0,254	0,122	0,367	1,770
SLV	475	0,0862	1,200	1,390	2,662	0,310	0,144	0,431	1,945
SLC	975	0,1052	1,200	1,372	2,698	0,331	0,151	0,454	2,021

Classe Edificio	Vita Nominale	Periodo di Riferimento	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Ampl. Topog.	
						Categoria	Coefficiente
	[anni]	[anni]	[°ssdc]	[°ssdc]	[m]		
2	50	50	44.9689	10.3749	22	T1	1,00

 studio di ingegneria srl	Comittente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6 - Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

LEGENDA Dati generali analisi sismica	
Ang	Direzione di una componente dell'azione sismica rispetto all'asse X (sistema di riferimento globale); la seconda componente dell'azione sismica e' assunta con direzione ruotata di 90 gradi rispetto alla prima.
NV	Nel caso di analisi dinamica, indica il numero di modi di vibrazione considerati.
CD	Classe di duttilita': [A] = Alta - [B] = Bassa - [ND] = Non Dissipativa - [-] = Nessuna.
MP	Tipo di materiale prevalente nella struttura: [ca] = calcestruzzo armato - [muOld] = muratura esistente - [muNew] = muratura nuova - [muArm] = muratura armata - [ac] = acciaio.
S	Tipologia della struttura: Cemento armato: [T] = Telaio - [P] = Pareti - [2P] = Due pareti per direzione non accoppiate - [DT] = Deformabili torsionalmente - [PI] = Pendolo inverso; Muratura: [P] = un solo piano - [PP] = più di un piano; Acciaio: [T] = Telaio - [CT] = controventi concentrici diagonale tesa - [CV] = controventi concentrici a V - [M] = mensola o pendolo invertito - [TT] = telaio con tamponature.
Mcm	Struttura con telai multicampata: [N]=Nessuna direzione - [X]=Solo in direzione X - [Y]=Solo in direzione Y - [XY]=Sia in direzione X che Y.
Pac	Presenza nella struttura di pareti accoppiate: [P] = presenti - [A] = Assenti
Eca	Eccentricita' accidentale: [S] = considerata come condizione di carico statica aggiuntiva - [N] = Considerata come incremento delle sollecitazioni.
IrT	Irregolarita' tamponature in pianta: [S] = Tamponature irregolari in pianta - [N] = Tamponature regolari in pianta.
TP	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione come definito al punto 3.2.2 del DM 14 gennaio 2008 'Nuove Norme tecniche per le costruzioni: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
RP	Regolarita' in pianta: [S]= Struttura regolare - [N]=Struttura non regolare.
RH	Regolarita' in altezza: [S]= Struttura regolare - [N]=Struttura non regolare.
CVE	Coefficiente viscoso equivalente.
Classe Edificio	Classe dell'edificio.
Categ Topog	Categoria topografica. (Vedi NOTE)
Coef Ampl Topog	Coefficiente di amplificazione topografica.
Tr	Periodo di ritorno dell'azione sismica.
Ag/g	Coefficiente di accelerazione al suolo.
Ss	Coefficienti di Amplificazione Stratigrafica allo SLO / SLD / SLV / SLC.
Cc	Coefficienti di Amplificazione di Tc allo SLO / SLD / SLV / SLC.
F0	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
T*c	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
Tb	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro di progetto.
Tc	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di progetto.
Td	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro di progetto.
Latitudine	Latitudine geografica del sito (in datum ED50).
Longitudine	Longitudine geografica del sito (in datum ED50).
Altitudine	Altitudine geografica del sito.
q	Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU (Fattore di struttura).
αu/α1	Rapporto di sovraresistenza.
Kw	Fattore di riduzione di q0.
qSLD	Fattore di riduzione dello spettro di risposta allo SLD per sisma orizzontale e verticale (significativo nel caso di calcolo con DM 14/09/2005 o OPCM 3274).
NOTE	
	[-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato
	Categoria topografica
	T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i = 15°
	T2: Pendii con inclinazione media i > 15°
	T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° = i = 30°
	T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

 studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

COMBINAZIONI DI CARICO

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008.

I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti dal programma di calcolo in modo automatico sulle membrature (travi, pilastri, pareti, solette, platee, ecc.).

I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste.

Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa).

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

Stato Limite di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots (1)$$

dove:


- G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta pretensione e precompressione;
- Q azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
 - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
 - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$ coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del DM 14 gennaio 2008;
- ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le 48 combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{ki} nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

 studio di ingegneria srl	Comittente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta pretensione e precompressione;
- ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;
- Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i .

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Le verifiche strutturali e geotecniche, come definite al punto 2.6.1 del D.M. 14 gennaio 2008, sono state effettuate con **l'Approccio 2** come definito al citato punto, definito sinteticamente come (A1+M1+R3); le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 14 gennaio 2008, i valori di resistenza del terreno sono stati considerati al loro valore caratteristico (coefficienti M1 della tabella 2.6.II tutti unitari), i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per R3 nelle verifiche di tipo GEO.

Si è quindi provveduto a progettare le armature di ogni elemento strutturale per ciascuno dei valori ottenuti secondo le modalità precedentemente illustrate. Nella sezione relativa alle verifiche dei "Tabulati di calcolo" in allegato sono riportati, per brevità, i valori della sollecitazione relativi alla combinazione cui corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

Stato Limite di Danno

L'azione sismica, ottenuta dallo spettro di progetto per lo Stato Limite di Danno, è stata combinata con le altre azioni mediante una relazione del tutto analoga alla precedente:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta pretensione e precompressione;
- ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;
- Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i .

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella tabella di cui allo SLV.

Stati Limite di Esercizio

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - al punto 2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc

combinazione rara
$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione frequente
$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione quasi permanente
$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$


dove:

- G_{kj} valore caratteristico della j-esima azione permanente;
 P_{kh} valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
 Q_{kl} valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
 Q_{ki} valore caratteristico della i-esima azione variabile;
 ψ_{0i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
 ψ_{1i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
 ψ_{2i} coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti ψ_{0i} , ψ_{1i} , ψ_{2i} sono attribuiti i seguenti valori per i ponti:

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento q_5	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_5	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Temperatura	esecuzione	0,8	0,6	0,5
	T_k	0,6	0,6	0,5


In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di

 studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base (Qk1 nella formula (1)), con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento (trave, pilastro, etc...) sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati tabulati di calcolo sono riportanti i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "Quasi Permanente" (1), "Frequente" (3) e "Rara" (4).

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

 studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

2.4. Modello numerico

Metodologia di modellazione e di analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Per valutare la risposta massima complessiva di una generica caratteristica E , conseguente alla sovrapposizione dei modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;
- ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.


Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche.

Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

- Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.
- Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento sia a piastra che a lastra.
- Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.
- Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Il sisma viene convenzionalmente considerato come agente separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate; per tenere conto che nella realtà il moto del terreno durante l'evento sismico ha direzione casuale e in accordo con le prescrizioni normative, per ottenere l'effetto complessivo del sisma, a partire dagli effetti delle direzioni calcolati separatamente, si è provveduto a sommare i massimi ottenuti in una direzione con il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione. L'azione sismica verticale è stata considerata in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, di elementi principali precompressi o di elementi a mensola.

 studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

Eccentricità accidentali

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva sono state amplificate le forze agenti tramite il fattore $\delta = 1 + 0.6 \cdot x / L_e$.

Dove:

- x** è la distanza dell'elemento resistente verticale dal baricentro geometrico dell'edificio, misurata perpendicolarmente alla direzione dell'azione sismica considerata;
- Le** è la distanza tra i due elementi resistenti più lontani, misurata allo stesso modo.

Progetto e Verifica degli elementi strutturali

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni in base al D.M. 14.gennaio 2008, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma (nel caso più semplice si hanno altre quattro combinazioni, nel caso più complesso una serie di altri valori).
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

Per quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito quando si è in presenza di pressoflessione deviata:

- per tutte le terne M_x , M_y , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base alla formula 4.1.10 del D.M. 14 gennaio 2008, effettuando due verifiche a pressoflessione retta; in tale formula, per la generica combinazione, è stato calcolato l'esponente Alfa in funzione della percentuale meccanica dell'armatura e della sollecitazione di sforzo normale agente.
- se per almeno una di queste terne la relazione 4.1.10 non è rispettata, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando la suddetta relazione è rispettata per tutte le terne considerate.

Nei tabulati di calcolo, per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna M_x , M_y , N che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

Per quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito per i pilastri, che sono sollecitati sempre in regime di pressoflessione deviata, e per le travi per le quali non è possibile semiprogettare a pressoflessione retta:


- per tutte le terne M_x , M_y , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza con un procedimento iterativo in base all'armatura adottata;
- se per almeno una di queste terne esso è inferiore all'unità, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando il coefficiente di sicurezza risulta maggiore o al più uguale all'unità per tutte le terne considerate.

Nei tabulati di calcolo, per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna M_x , M_y , N che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti.

Successivamente si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

Per quanto concerne la verifica degli elementi in acciaio, le verifiche effettuate per ogni elemento dipendono dalla funzione dell'elemento nella struttura. Ad esempio, elementi con prevalente comportamento

 studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

assiale (controventi o appartenenti a travature reticolari) sono verificate a trazione e/o compressione; elementi con funzioni portanti nei confronti dei carichi verticali sono verificati a Pressoflessione retta e Taglio; elementi con funzioni resistenti nei confronti di azioni orizzontali sono verificati a pressoflessione deviata e taglio oppure a sforzo normale se hanno la funzione di controventi.

Le verifiche allo SLU sono effettuate sempre controllando il soddisfacimento della relazione:

$$R_d \geq S_d$$

dove R_d è la resistenza calcolata come rapporto tra R_k (resistenza caratteristica del materiale) e γ , coefficiente di sicurezza, mentre S_d è la generica sollecitazione di progetto calcolata considerando tutte le Combinazioni di Carico per lo Stato Limite esaminato.

La resistenza viene determinata, in funzione della Classe di appartenenza della Sezione metallica, col metodo Elastico o Plastico (vedi par. 4.2.3.2 del D.M. 14 gennaio 2008).

Viene portato in conto l'indebolimento causato dall'eventuale presenza di fori.

Le verifiche effettuate sono quelle previste al punto 4.2.4.1.2 ed in particolare:

- Verifiche di Trazione
- Verifiche di Compressione
- Verifiche di Flessione Monoassiale
- Verifiche di Taglio (considerando l'influenza della Torsione) assiale e biassiale.
- Verifiche per contemporanea presenza di Flessione e Taglio
- Verifiche per PressoFlessione retta e biassiale

Nei tabulati, per ogni tipo di Verifica e per ogni elemento interessato dalla Verifica, sono riportati i valori delle resistenze e delle sollecitazioni che hanno dato il minimo coefficiente di sicurezza, calcolato generalmente come:

$$C_S = R_d / S_d.$$

Verifiche di Instabilità

Per tutti gli elementi strutturali sono state condotte verifiche di stabilità delle membrature secondo le indicazioni del par. 4.2.4.1.3 del D.M. 14 gennaio 2008; in particolare sono state effettuate le seguenti verifiche:

- Verifiche di stabilità per compressione semplice, con controllo della snellezza.
- Verifiche di stabilità per elementi inflessi.
- Verifiche di stabilità per elementi inflessi e compressi.


Le verifiche sono effettuate considerando la possibilità di instabilizzazione flessotorsionale.

Nei tabulati, per ogni tipo di verifica e per ogni elemento strutturale, sono riportati i risultati di tali verifiche.

Gerarchia delle Resistenze

Sono state applicate le disposizioni contenute al par. 7.5.3 del D.M. 14 Gennaio 2008 e in particolare:

- per strutture intelaiate sono state effettuate le verifiche definite al par. 7.5.4 del sopracitato D.M. 2008;
- per strutture con controventi concentrici sono state effettuate le verifiche definite al punto 7.5.5; più specificatamente, per gli elementi dissipativi di tali strutture (aste tese di controventi a X o aste di controventi a V) sono state effettuate le relative verifiche di resistenza; per gli elementi (travi o colonne) ad essi collegati le sollecitazioni di progetto sono state ricavate considerando come agenti le resistenze degli elementi dissipativi, opportunamente amplificate dal minimo coefficiente Ω tra tutti gli elementi dissipativi collegati alla trave o colonna.

	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	


Le relative verifiche sono riportate nei tabulati, con l'indicazione del coefficiente Ω utilizzato per la singola verifica.

Verifiche di Deformabilità

Sono state condotte le verifiche definite al par. 4.2.4.2 del D.M. 14 Gennaio 2008 e in particolare si citano:

- Verifiche agli spostamenti verticali per i singoli elementi (par. 4.2.4.2.1).
- Verifiche agli spostamenti laterali per i singoli elementi (par. 4.2.4.2.2).
- Verifiche agli spostamenti per il piano e per l'edificio (par. 4.2.4.2.2).

I relativi risultati sono riportati nei tabulati.

 studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

Informazioni sul codice di calcolo

Nome del Software	EdiLus
Versione	25.00h
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Numero di serie	88011724
Intestatario Licenza	SODANO ENGINEERING s.r.l.
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Via Michelangelo Cianciulli 83048 Montella (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

Il pacchetto consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, muri).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

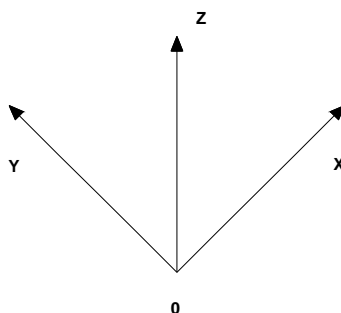
Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Comittente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

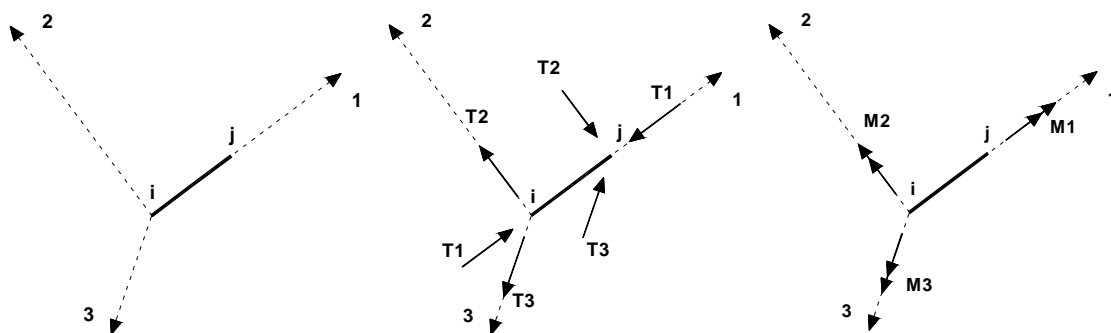
Sistemi di Riferimento

Riferimento globale



Il sistema di riferimento globale, rispetto al quale va riferita l'intera struttura, è costituito da una terna di assi cartesiani sinistrorsa OXYZ (X,Y, e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).

Riferimento locale per travi



L'elemento Trave è un classico elemento strutturale in grado di ricevere Carichi distribuiti e Carichi Nodali applicati ai due nodi di estremità; per effetto di tali carichi nascono, negli estremi, sollecitazioni di taglio, sforzo normale, momenti flettenti e torcenti.

Definiti i e j i nodi iniziale e finale della Trave, viene individuato un sistema di assi cartesiani 1-2-3 locale all'elemento, con origine nel Nodo i così composto:

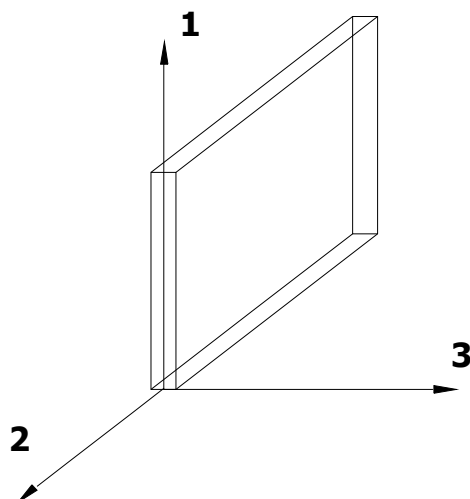
- asse 1 orientato dal nodo i al nodo j;
- assi 2 e 3 appartenenti alla sezione dell'elemento e coincidenti con gli assi principali d'inerzia della sezione stessa.

Le sollecitazioni verranno fornite in riferimento a tale sistema di riferimento:

- Sollecitazione di Trazione o Compressione T1 (agente nella direzione i-j);
- Sollecitazioni taglienti T2 e T3, agenti nei due piani 1-2 e 1-3, rispettivamente secondo l'asse 2 e l'asse 3;
- Sollecitazioni che inducono flessione nei piani 1-3 e 1-2 (M2 e M3);
- Sollecitazione torcente M1.

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

Riferimento locale per pareti e muri



Una parete è costituita da una sequenza di setti; ciascun setto è caratterizzato da un sistema di riferimento locale 1-2-3 così individuato:

- asse 1, coincidente con l'asse globale Z;
- asse 2, parallelo e discorde alla linea d'asse della traccia del setto in pianta;
- asse 3, ortogonale al piano della parete, che completa la terna levogira.

Su ciascun setto l'utente ha la possibilità di applicare uno o più carichi uniformemente distribuiti comunque orientati nello spazio; le componenti di tali carichi possono essere fornite, a discrezione dell'utente, rispetto al riferimento globale XYZ oppure rispetto al riferimento locale 123 appena definito.

Si rende necessario, a questo punto, meglio precisare le modalità con cui EdiLus restituisce i risultati di calcolo.

Nel modello di calcolo agli elementi finiti ciascun setto è discretizzato in una serie di elementi tipo "shell" interconnessi; il solutore agli elementi finiti integrato nel programma EdiLus, definisce un riferimento locale per ciascun elemento shell e restituisce i valori delle tensioni esclusivamente rispetto a tali riferimenti.

Il software EdiLus provvede ad omogeneizzare tutti i valori riferendoli alla terna 1-2-3. Tale operazione consente, in fase di input, di ridurre al minimo gli errori dovuti alla complessità d'immissione dei dati stessi ed allo stesso tempo di restituire all'utente dei risultati facilmente interpretabili.

Tutti i dati cioè, sia in fase di input che in fase di output, sono organizzati secondo un criterio razionale vicino al modo di operare del tecnico e svincolato dal procedimento seguito dall'elaboratore elettronico.

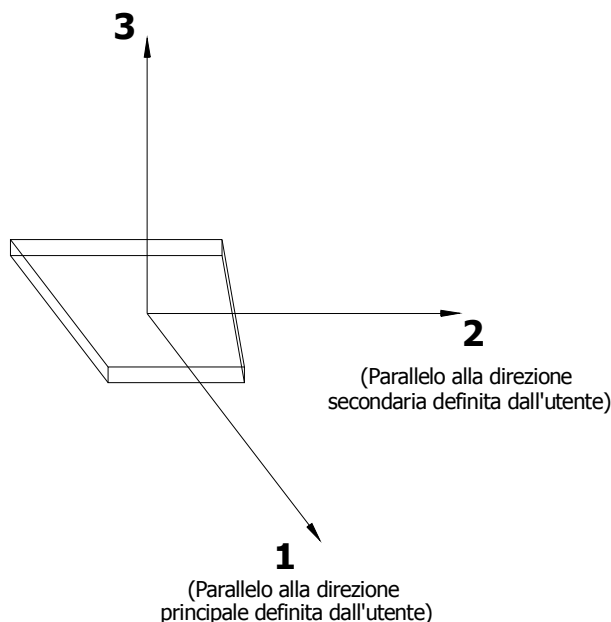
In tal modo ad esempio, il significato dei valori delle tensioni può essere compreso con immediatezza non solo dal progettista che ha operato con il programma ma anche da un tecnico terzo non coinvolto nell'elaborazione; entrambi, così, potranno controllare con facilità dal tabulato di calcolo, la congruità dei valori riportati.

Un'ultima notazione deve essere riservata alla modalità con cui il programma fornisce le armature delle pareti, con riferimento alla faccia anteriore e posteriore.

La faccia anteriore è quella di normale uscente concorde all'asse 3 come prima definito o, identicamente, quella posta alla destra dell'osservatore che percorre il bordo superiore della parete concordemente al verso di tracciamento.

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

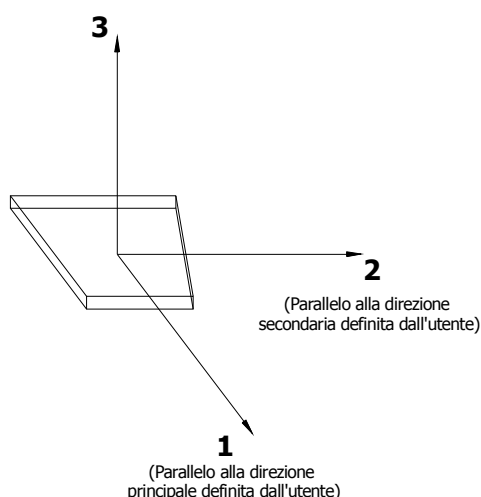
Riferimento locale per solette



In maniera analoga a quanto avviene per i setti, ciascuna soletta è caratterizzata da un sistema di riferimento locale 1,2,3 così definito:

- asse 1, coincidente con la direzione principale di armatura;
- asse 2, coincidente con la direzione secondaria di armatura;
- asse 3, ortogonale al piano della parete, che completa la terna levogira.

Riferimento locale per platee



Anche per le platee, analogamente a quanto descritto per le solette, è definito un sistema di riferimento locale 1,2,3:

- asse 1, coincidente con la direzione principale di armatura;
- asse 2, coincidente con la direzione secondaria di armatura;
- asse 3, ortogonale al piano della parete, che completa la terna levogira.

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche

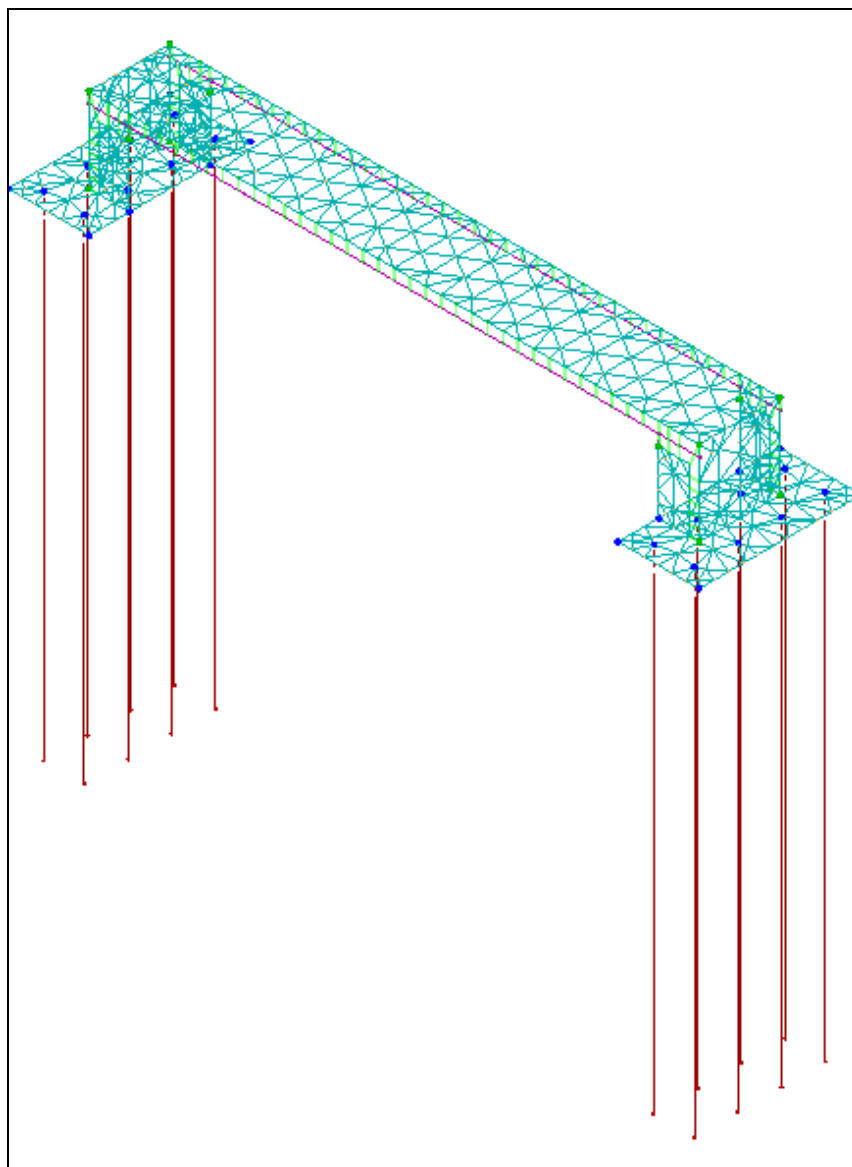
Le strutture sono state calcolate applicando le seguenti ipotesi:

- travi principali rettilinee, con parte ad arco modellata come carico permanente;
- armatura travi e soletta generata dall'involuppo dei calcoli in 3 diverse condizioni di vincolo fra le travi e la fondazione: incastro, cerniera e semincastro.


Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei tabulati di calcolo.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



Vista modello strutturale

 studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Modellazione dei vincoli esterni ed interni

Dalle illustrazioni precedenti si evince come le aste, sia travi che pilastri, siano schematizzate con un tratto flessibile centrale e da due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradosso della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso.

In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Modellazione delle azioni

Le sollecitazioni vengono determinate, com'è corretto, solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni le sollecitazioni risultano indeterminate.

Questa schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma anche quando il nodo sia determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.

Combinazioni e/o percorsi di carico

Condizioni di carico										
N	Condizioni Carico Utente			Tipologia Carico Accidentale						
	Descrizione	AgS	Alt	Descrizione	Durata	$\psi 0$	$\psi 1$	$\psi 2$	$\psi 0i$	$\psi 2i$
0001	Carico Permanente	SI	NO	Carico Permanente	Permanente	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0002	Carico Permanente	SI	NO	Permanenti NON Strutturali	Lunga	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0003	Carico traffico	SI	NO	Ponte 2a categoria carico distrib.	Breve	0,4	0,4	0,0	0,4	0,4
0004	Carico traffico	SI	NO	Ponte 2a categoria carico tandem	Breve	0,8	0,8	0,0	0,8	0,8
0005	Pressione del Vento (+Y)	NO	NO	Pressione del Vento (+Y)	Istantanea	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0
0006	Spinta Terreno (statica)	SI	NO	Spinta Terreno (statica)	Lunga	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0007	Spinta Terreno (sisma)	SI	NO	Spinta Terreno (sisma)	Istantanea	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
LEGENDA Condizioni di carico										
N	Numero identificativo della condizione di carico.									
AgS	Indica se la condizione di carico considerata è Agente con il Sisma.									
Alt	Indica se la condizione di carico è Alternata (cioè considerata due volte con segno opposto) o meno.									
Durata	Indica la classe di durata del carico.									
	NOTA: questo dato è significativo solo per elementi in materiale legnoso.									
$\psi 0$	Coefficiente riduttivo dei carichi allo SLU e SLE (Carichi rari).									
$\psi 1$	Coefficiente riduttivo dei carichi allo SLE (Carichi frequenti).									
$\psi 2$	Coefficiente riduttivo dei carichi allo SLE (Carichi frequenti e quasi permanenti).									
$\psi 0i$	Nel caso di effettuazione dei calcoli secondo l'Ordinanza 3274/03 e s.m.i. è il coefficiente riduttivo dei carichi allo SLD.									
$\psi 2i$	Nel caso di effettuazione dei calcoli secondo l'Ordinanza 3274/03 e s.m.i. è il coefficiente riduttivo dei carichi allo SLU.									

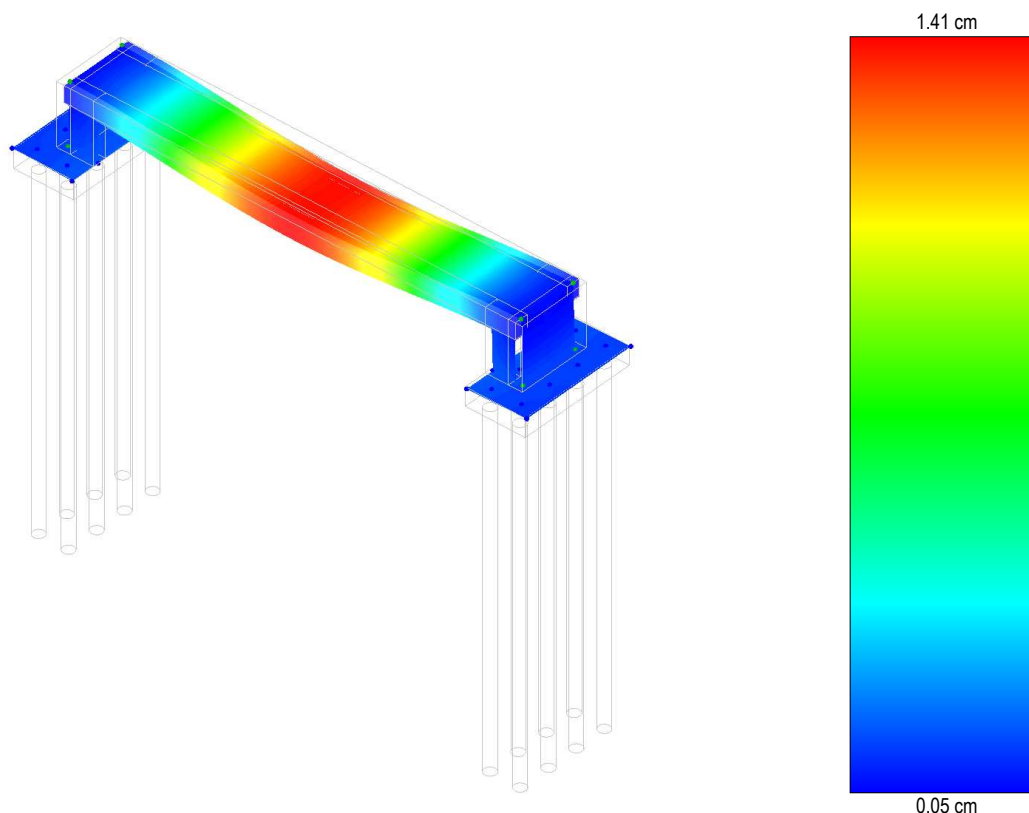
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

2.5. Principali risultati

Deformate e sollecitazioni per condizioni di carico

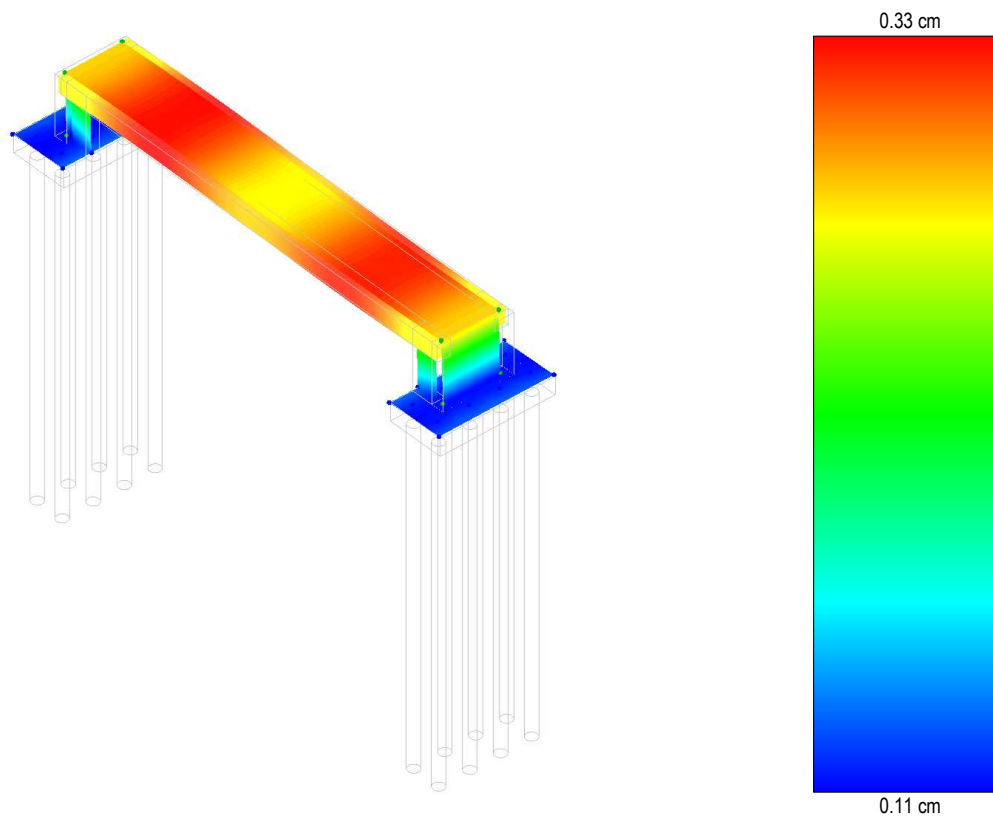
Ipotesi 1 – Travi con semi-incastro

Spostamenti complessivi per carichi statici



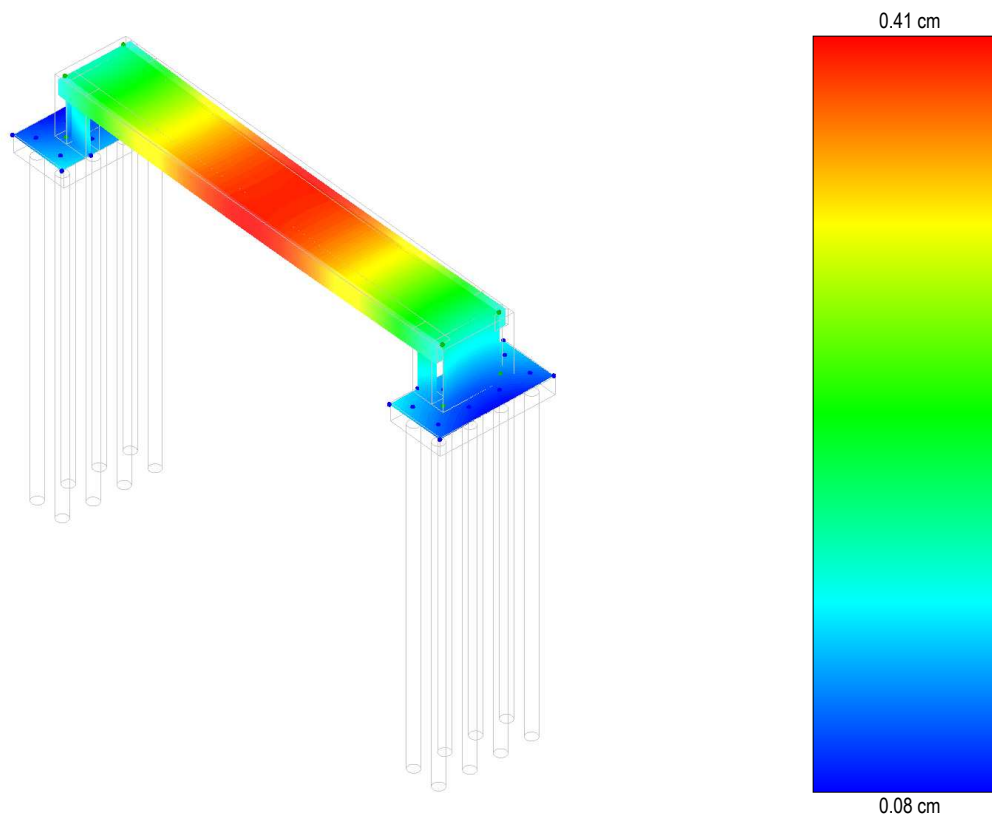
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Spostamenti complessivi per sisma dir. +X



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

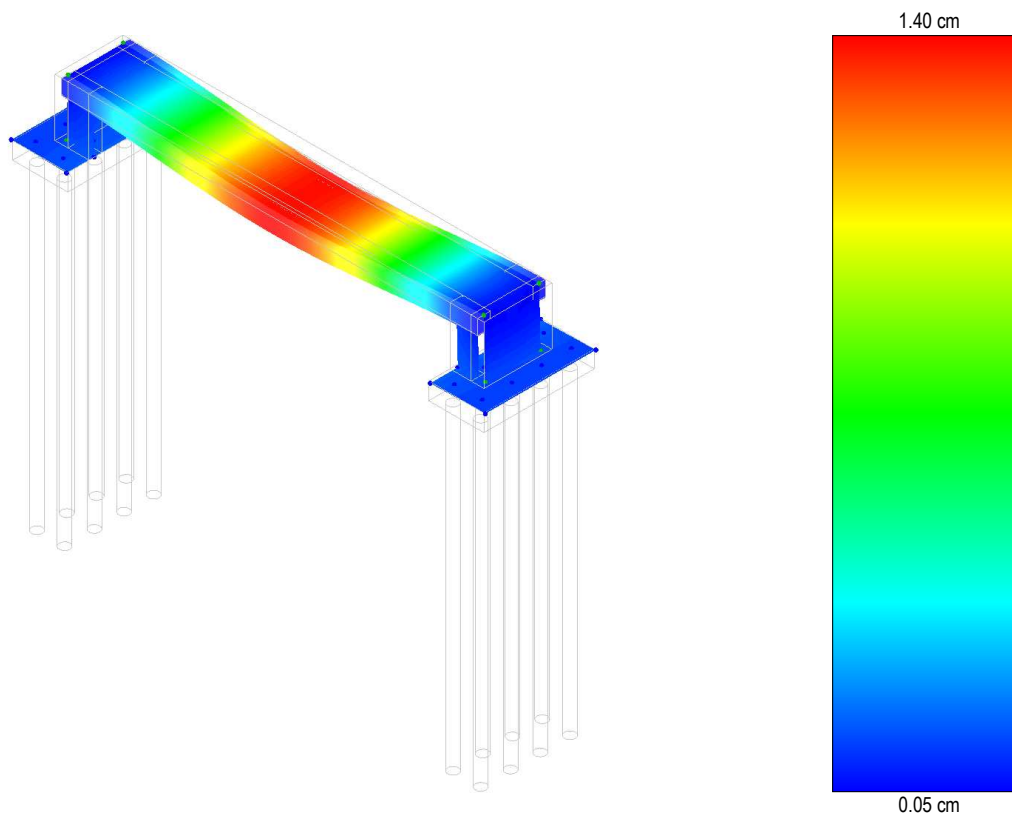
Spostamenti complessivi per sisma dir. +Y



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

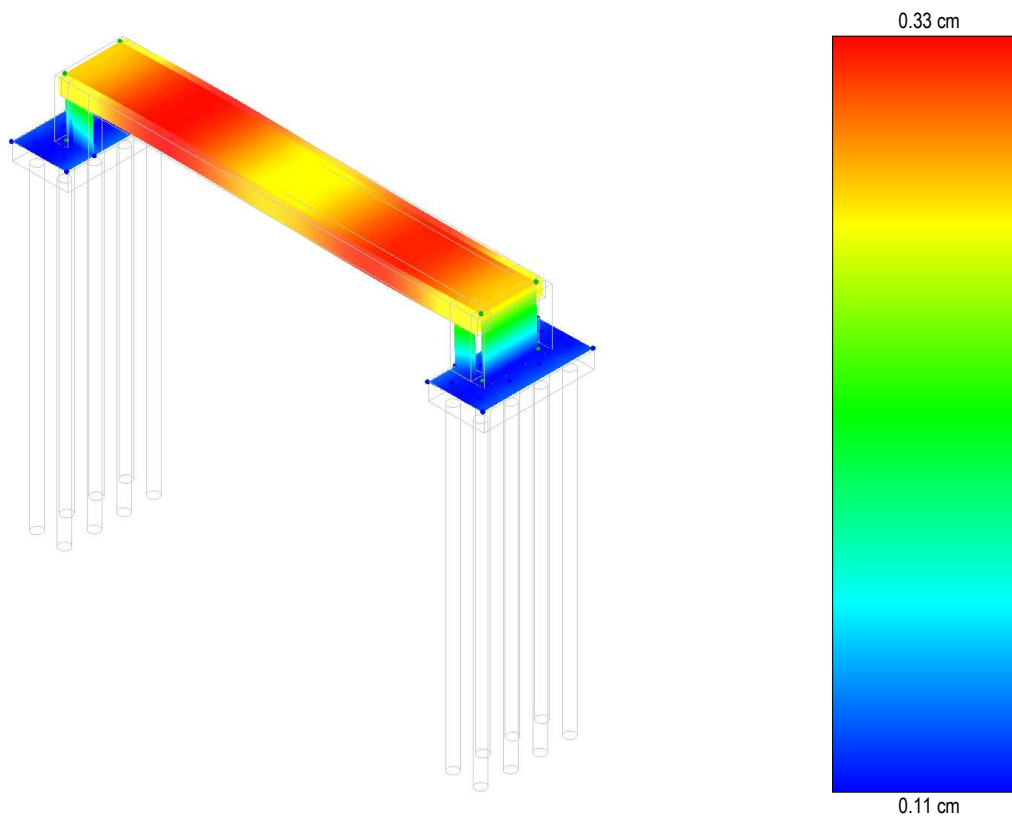
Ipotesi 2 – Travi semplicemente appoggiate

Spostamenti complessivi per carichi statici



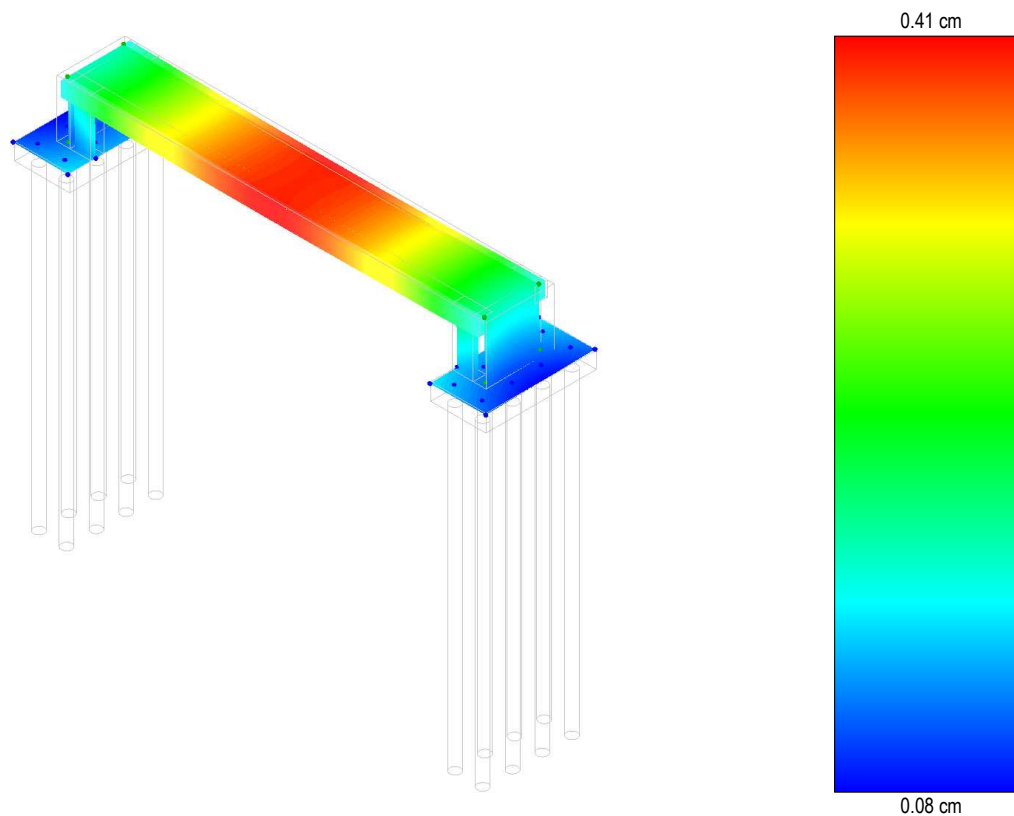
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Spostamenti complessivi per sisma dir. +X



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

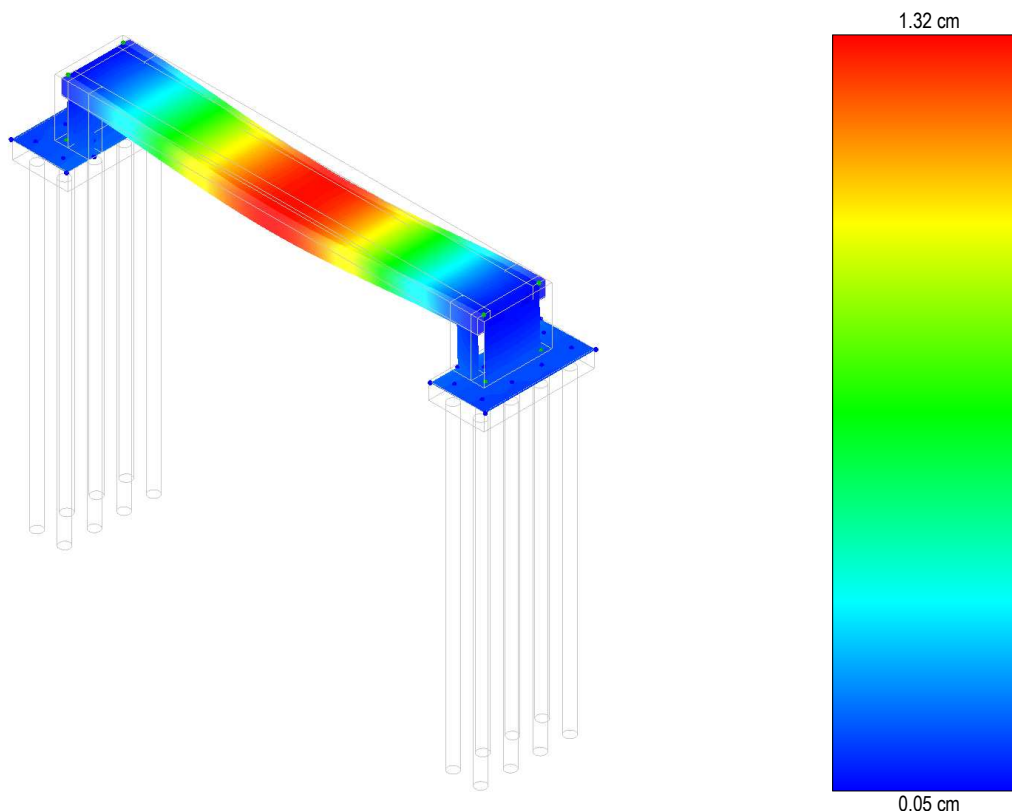
Spostamenti complessivi per sisma dir. +Y



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

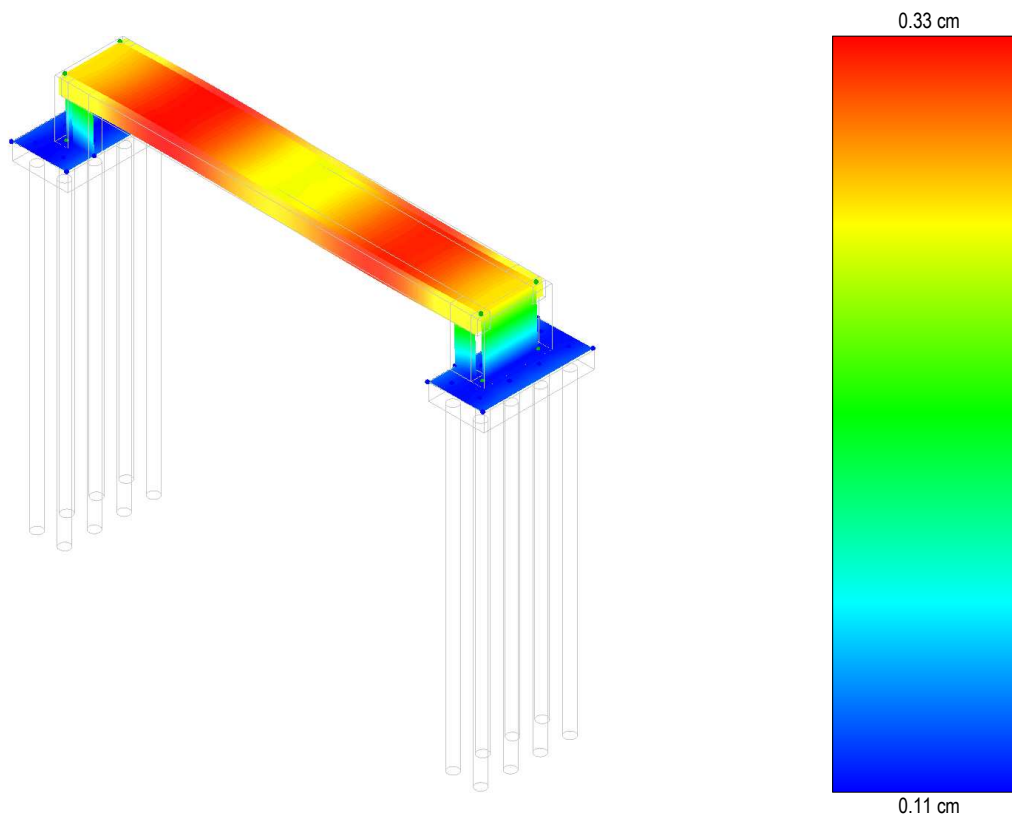
Ipotesi 3 – Travi con incastro

Spostamenti complessivi per carichi statici



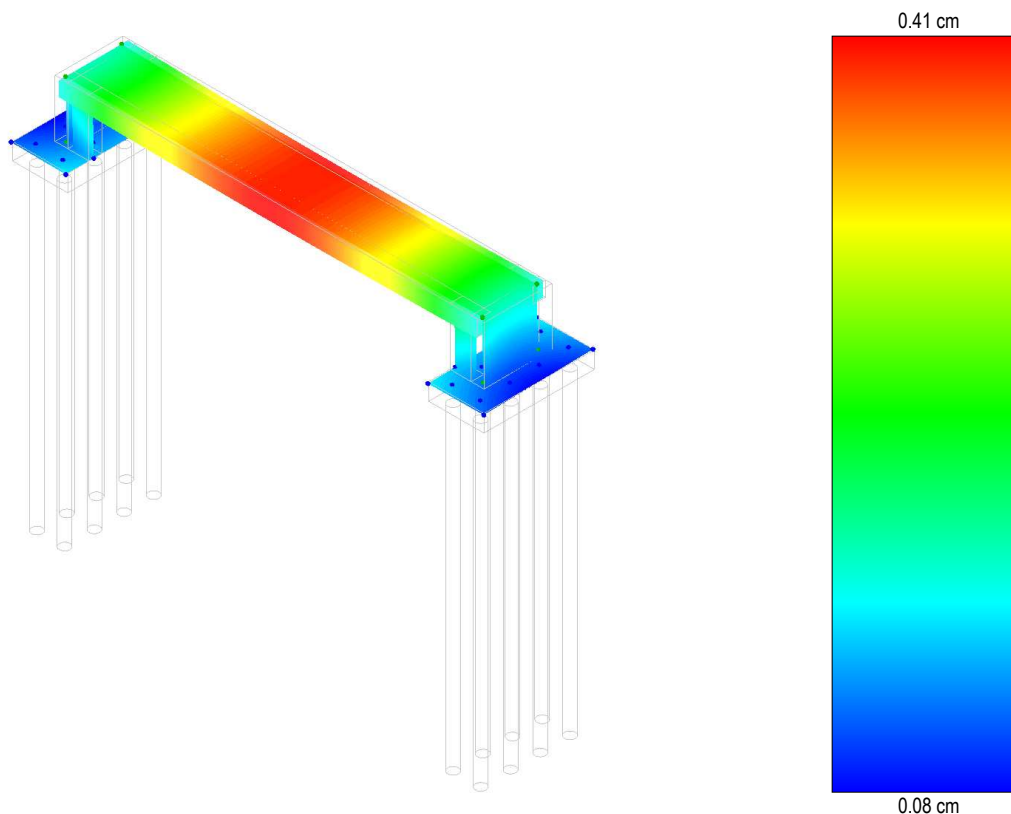
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Spostamenti complessivi per sisma dir. +X



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Spostamenti complessivi per sisma dir. +Y

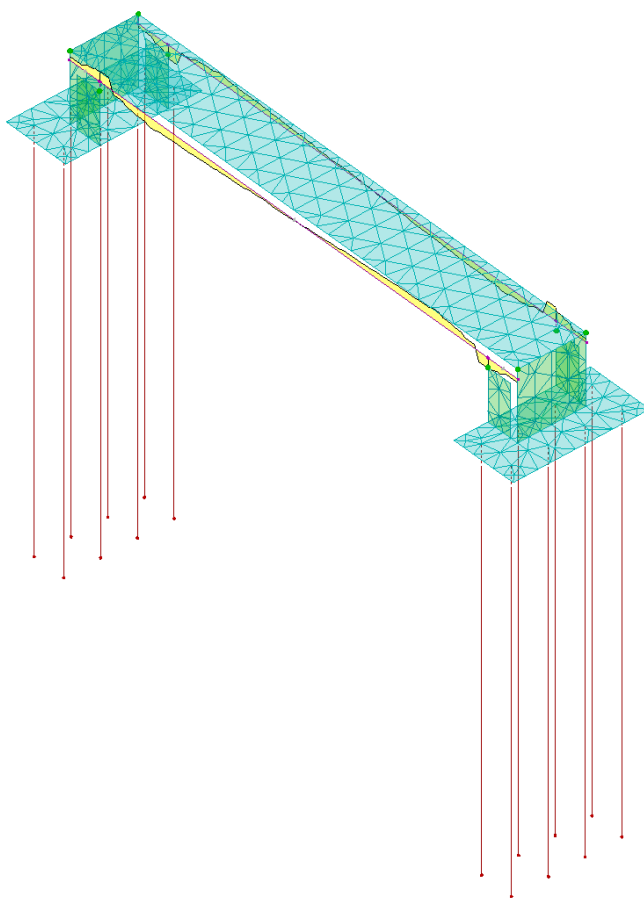


SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Inviluppo delle sollecitazioni maggiormente significative

Ipotesi 1 – Travi con semi-incastro

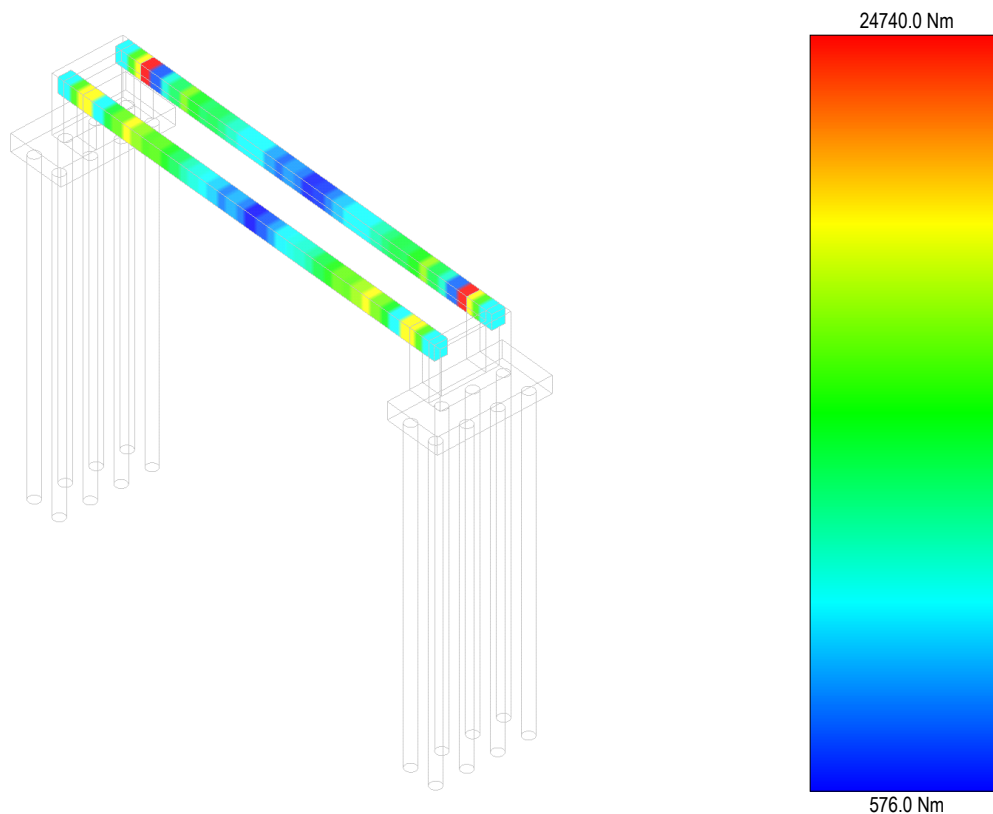
Diagramma momento torcente per carichi statici



Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

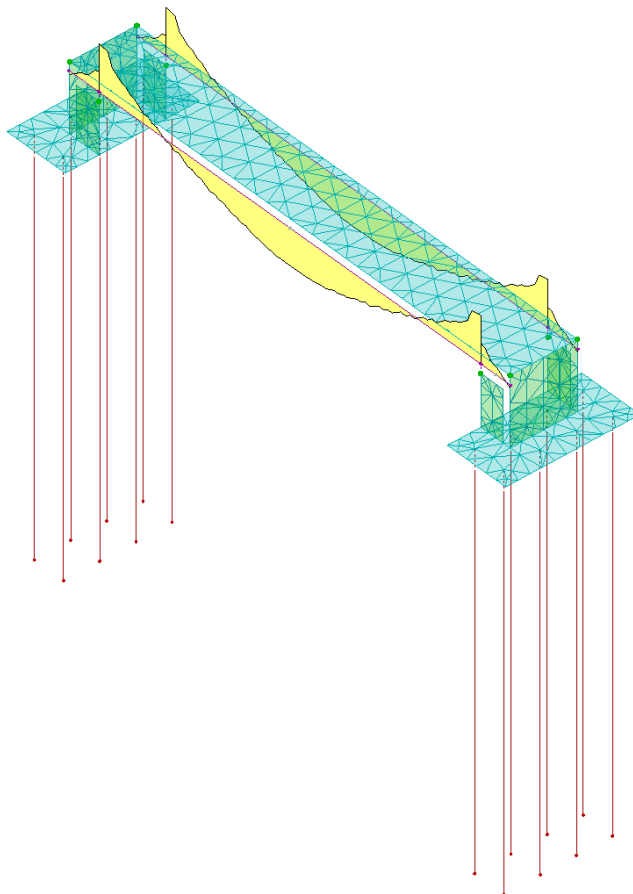
Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc

Valori momento torcente per carichi statici



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

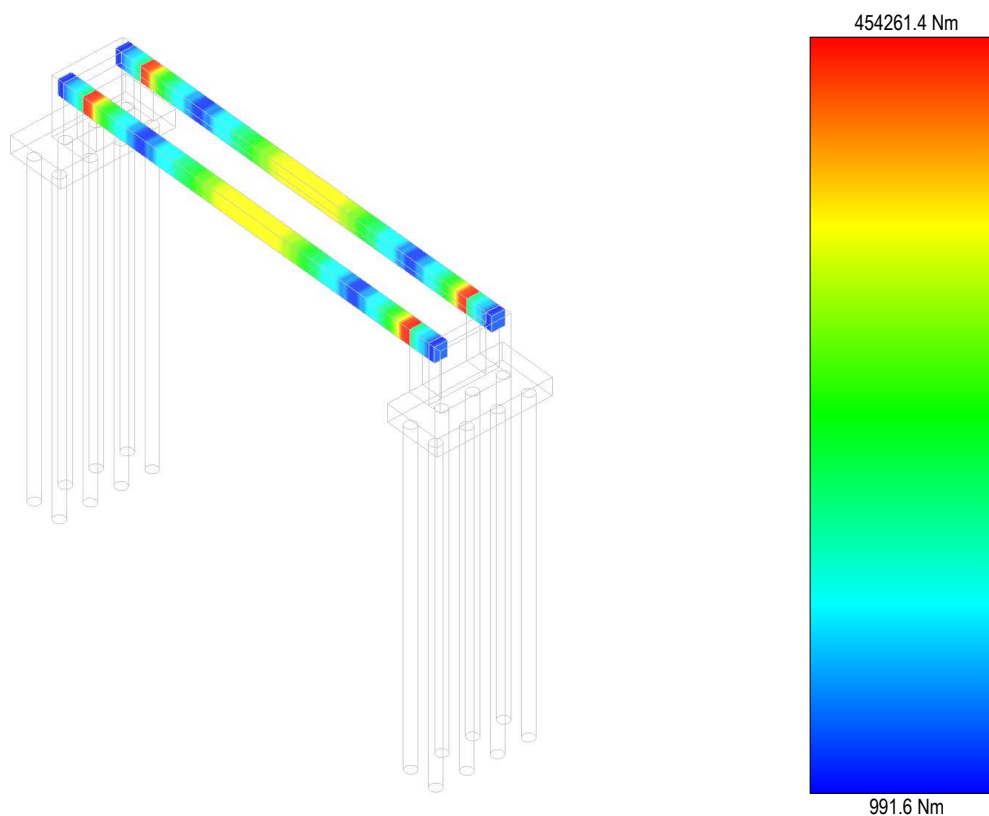
Diagramma momento flettente per carichi statici



Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

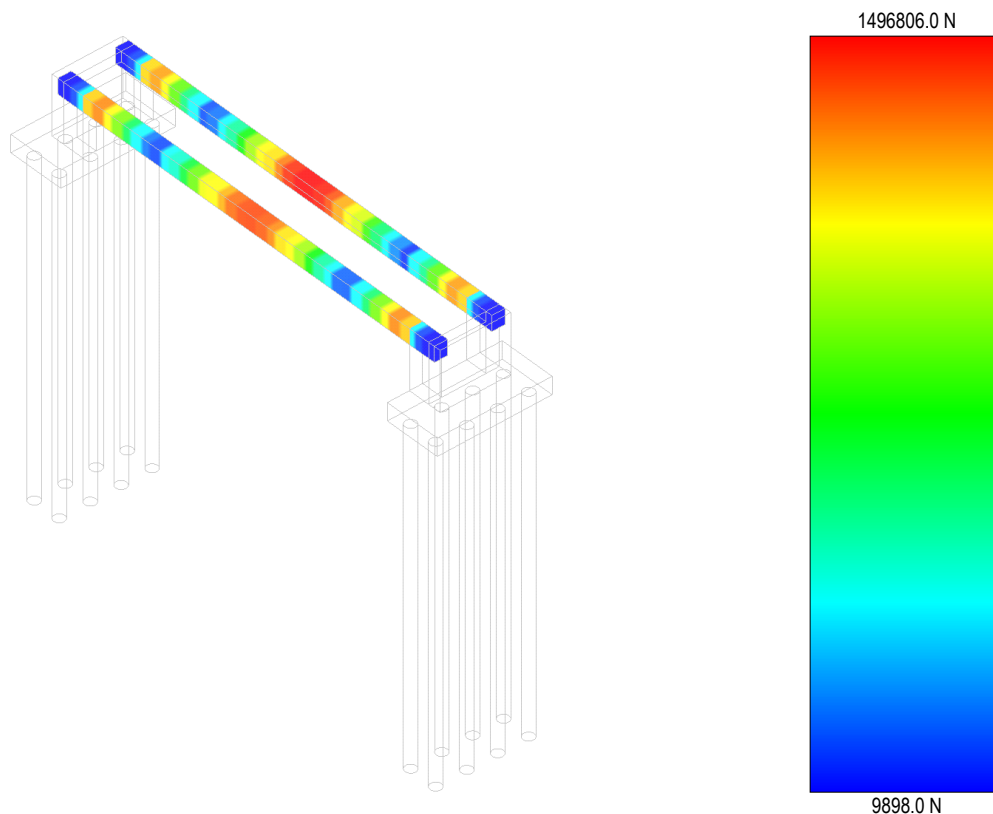
Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc

Valori momento flettente per carichi statici



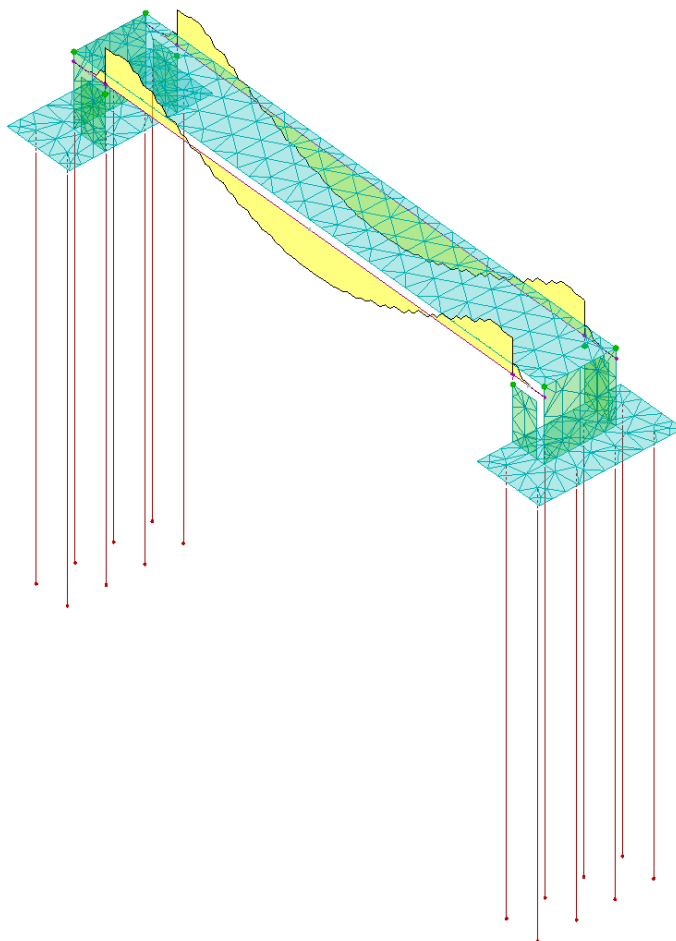
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

Valori di sforzo normale per carichi statici



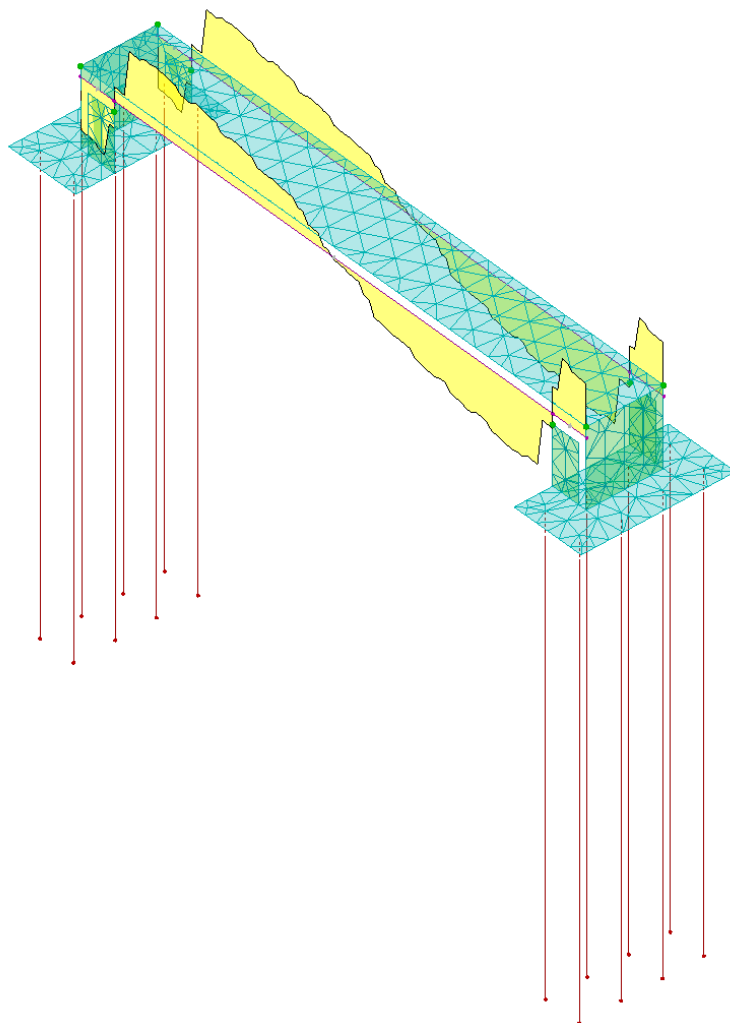
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Diagramma di sforzo normale per carichi statici



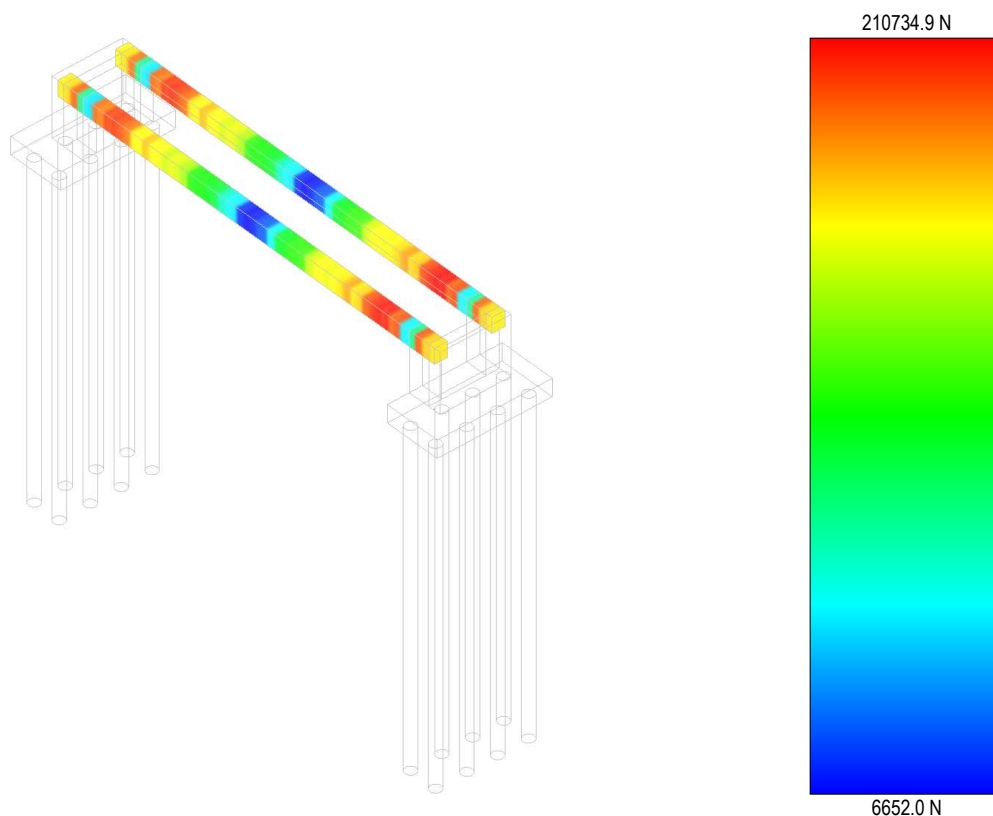
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Diagramma di taglio per carichi statici



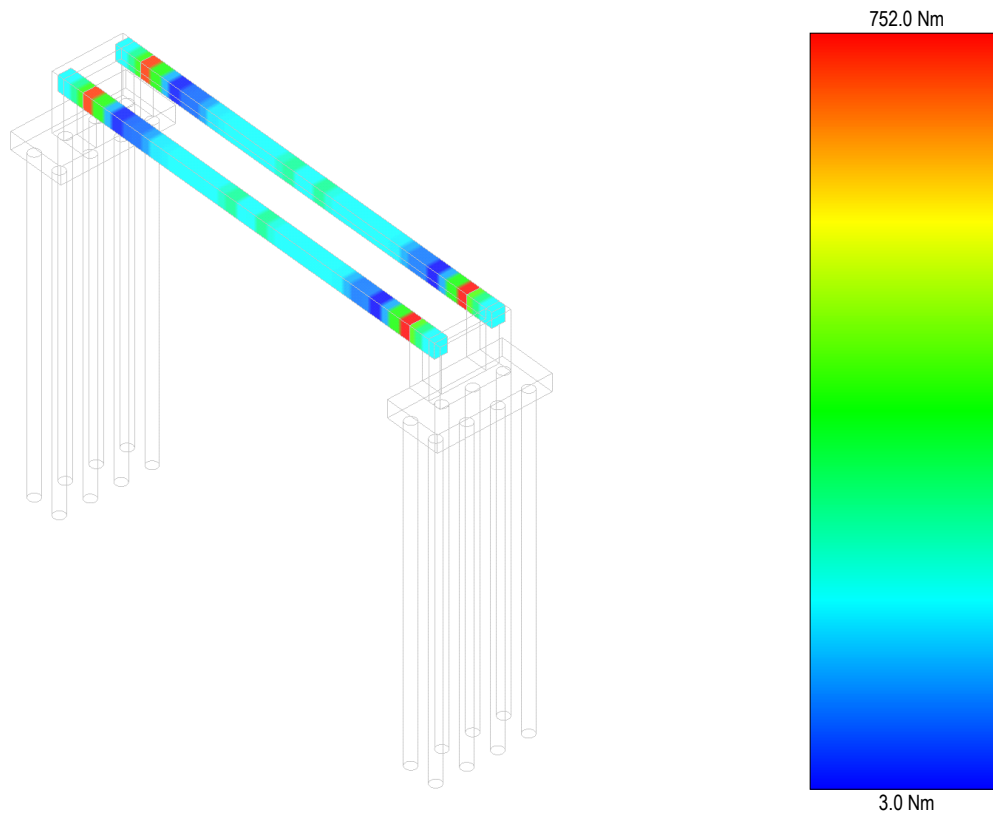
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Valori di taglio per carichi statici



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

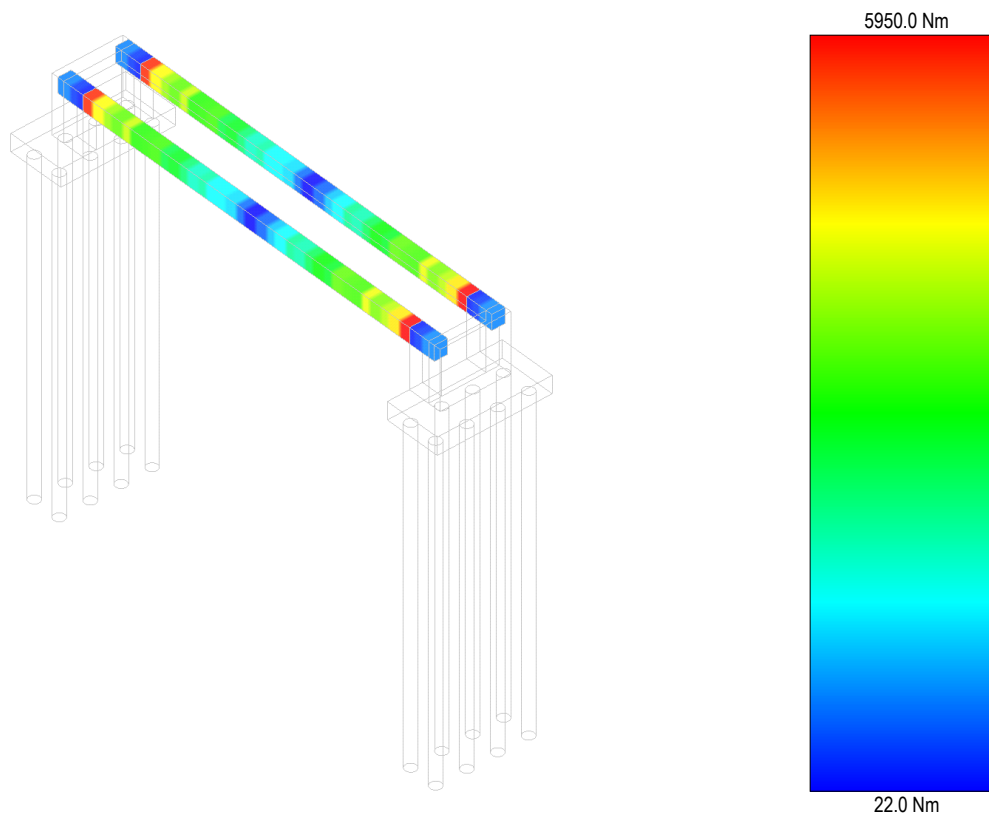
Valori momento torcente per sisma +X



Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

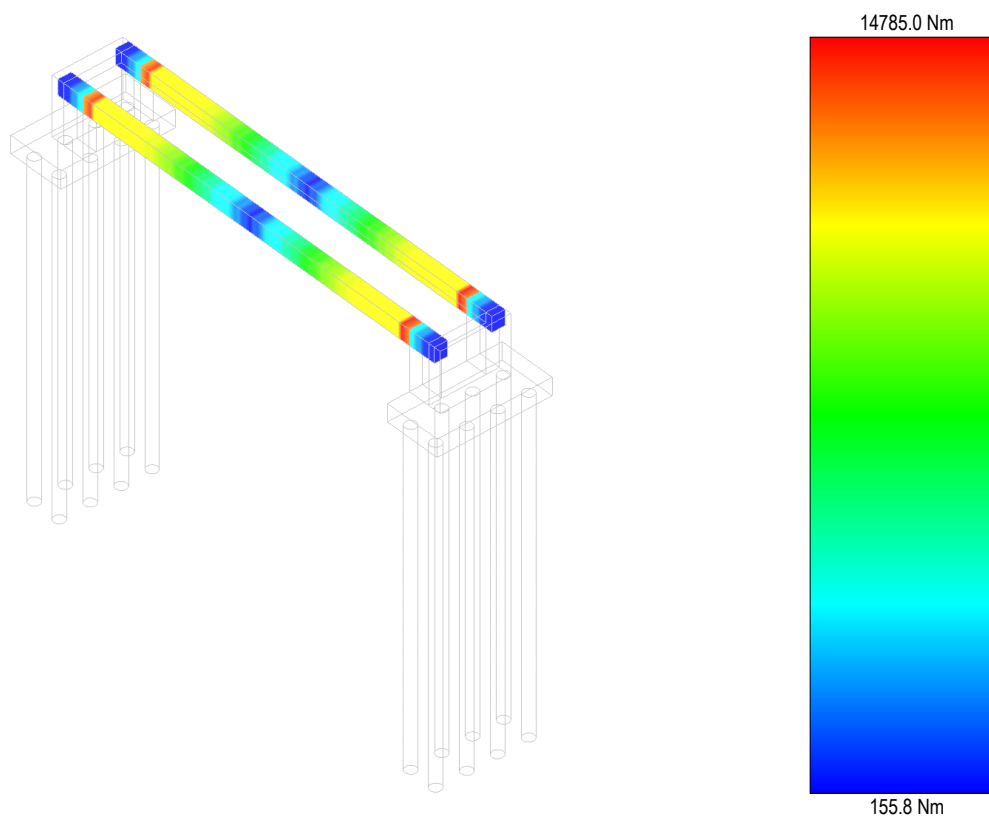
Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Valori momento torcente per sisma +Y



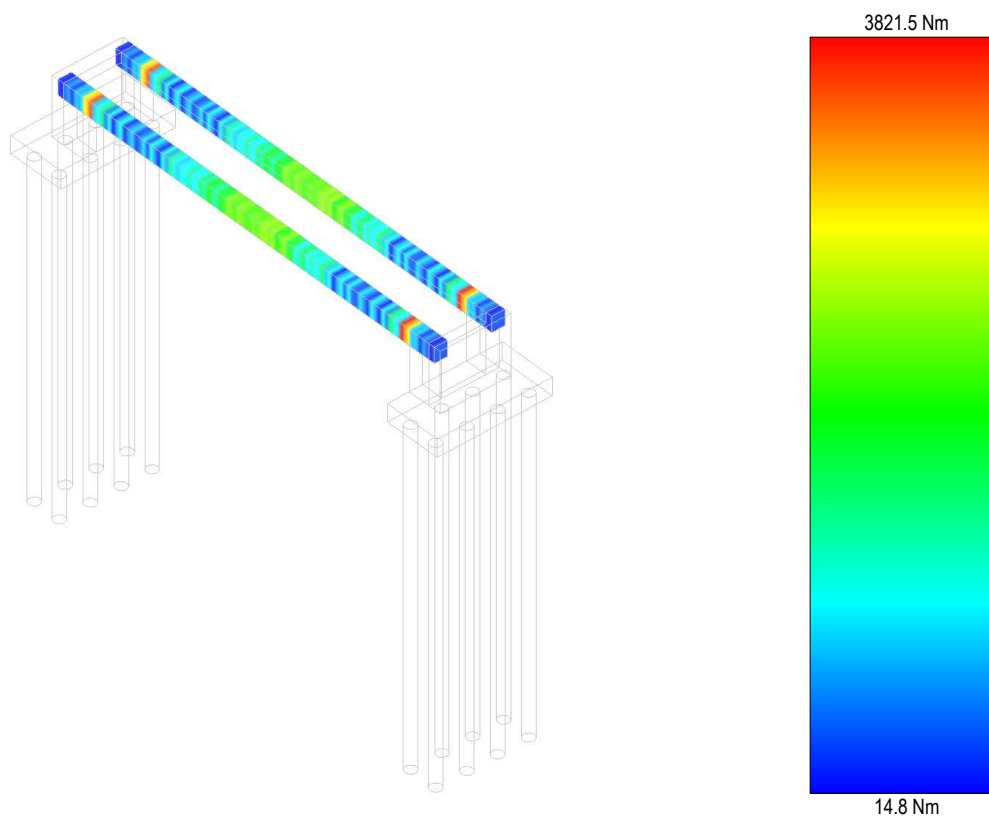
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori momento flettente per per sisma +X



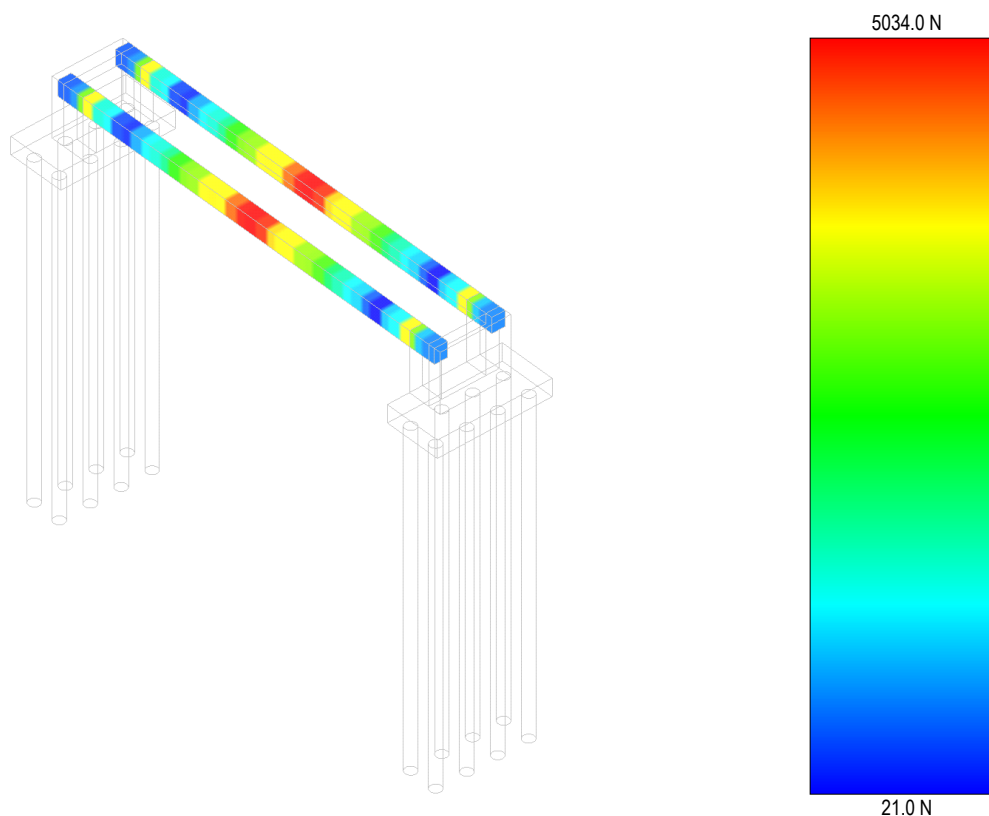
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Valori momento flettente per per sisma +Y



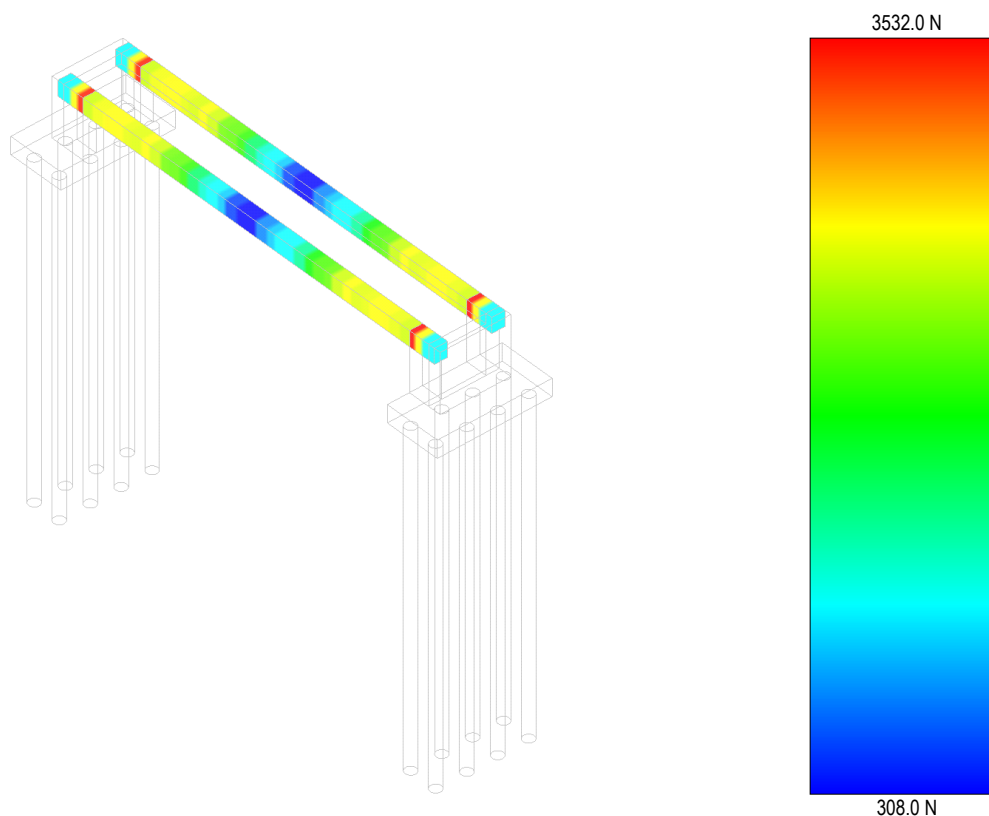
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori taglio per per sisma +X



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

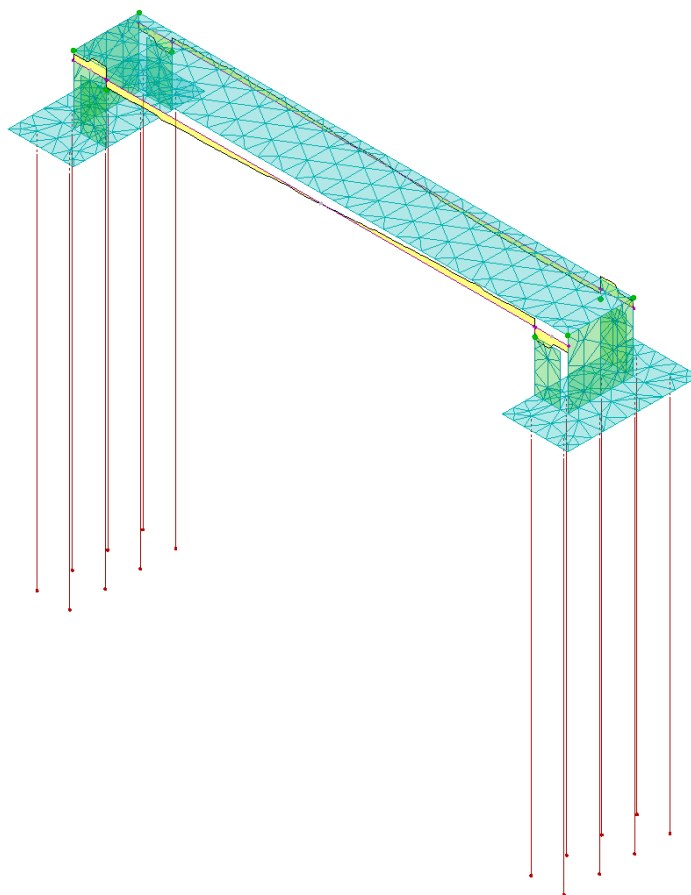
Valori taglio per per sisma +Y



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

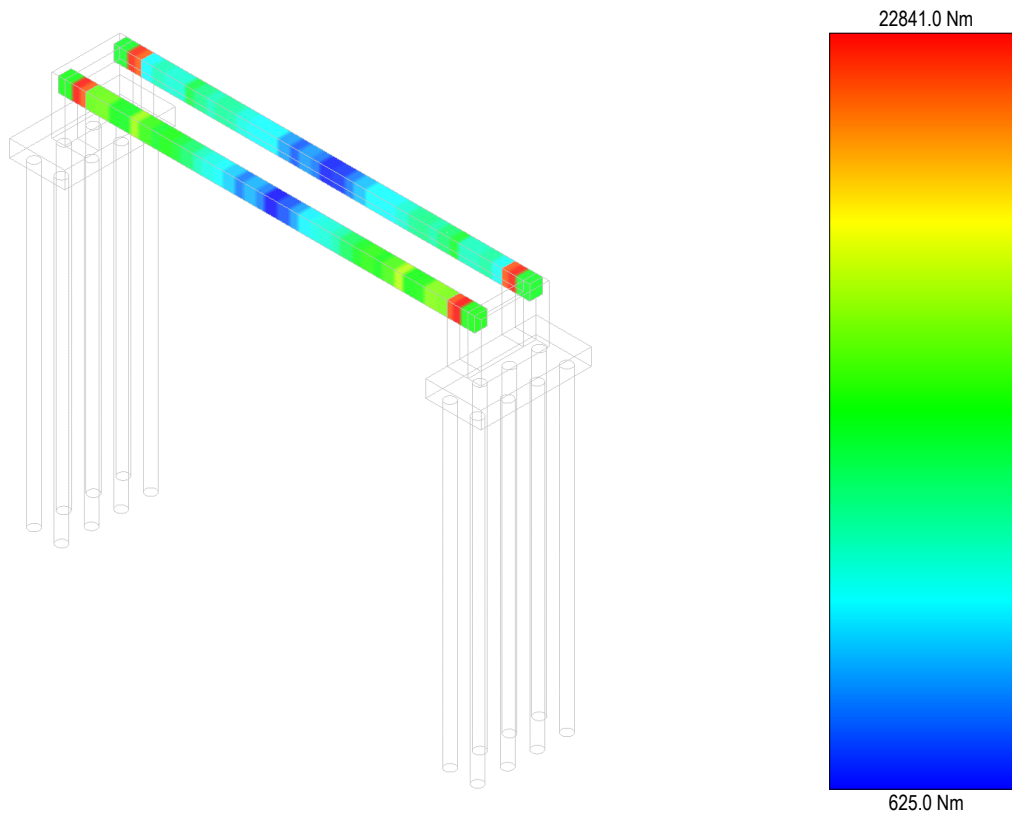
Ipotesi 2 – Travi semplicemente appoggiate

Diagramma momento torcente per carichi statici



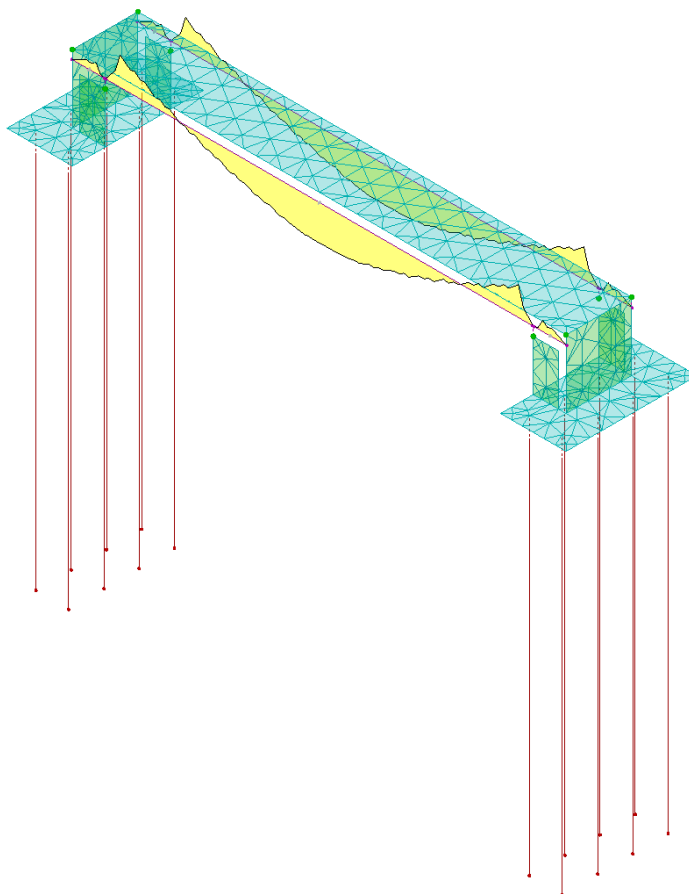
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori momento torcente per carichi statici



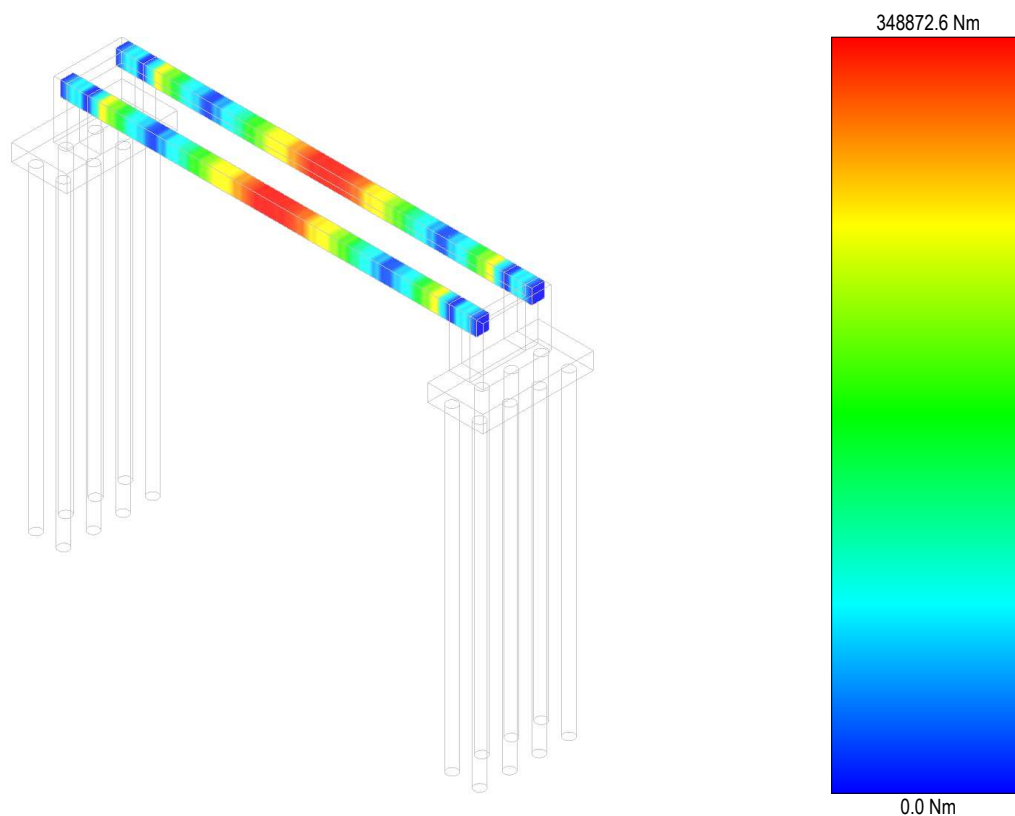
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Diagramma momento flettente per carichi statici



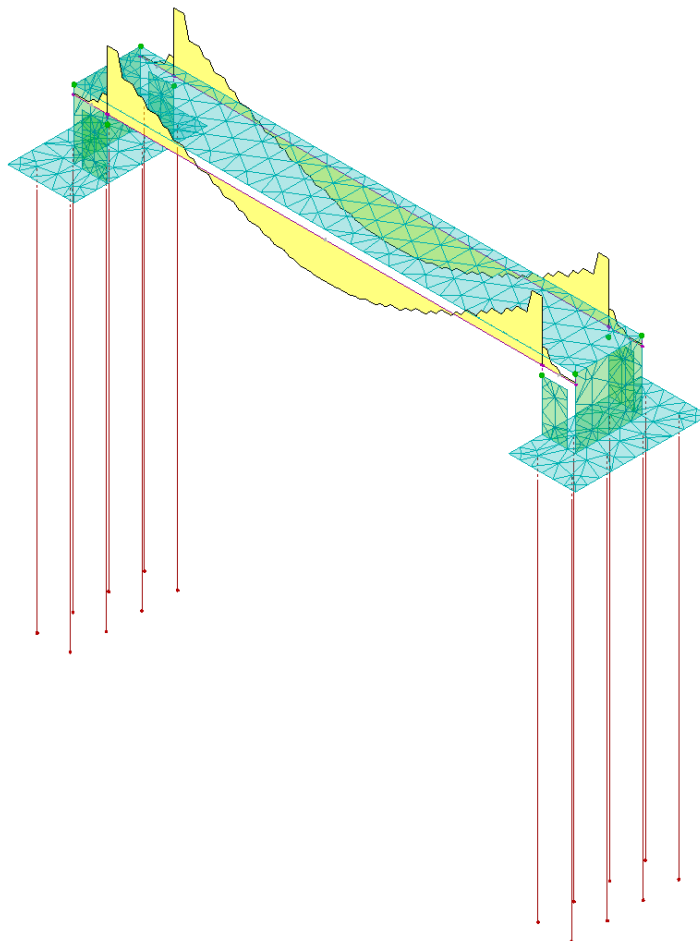
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori momento flettente per carichi statici



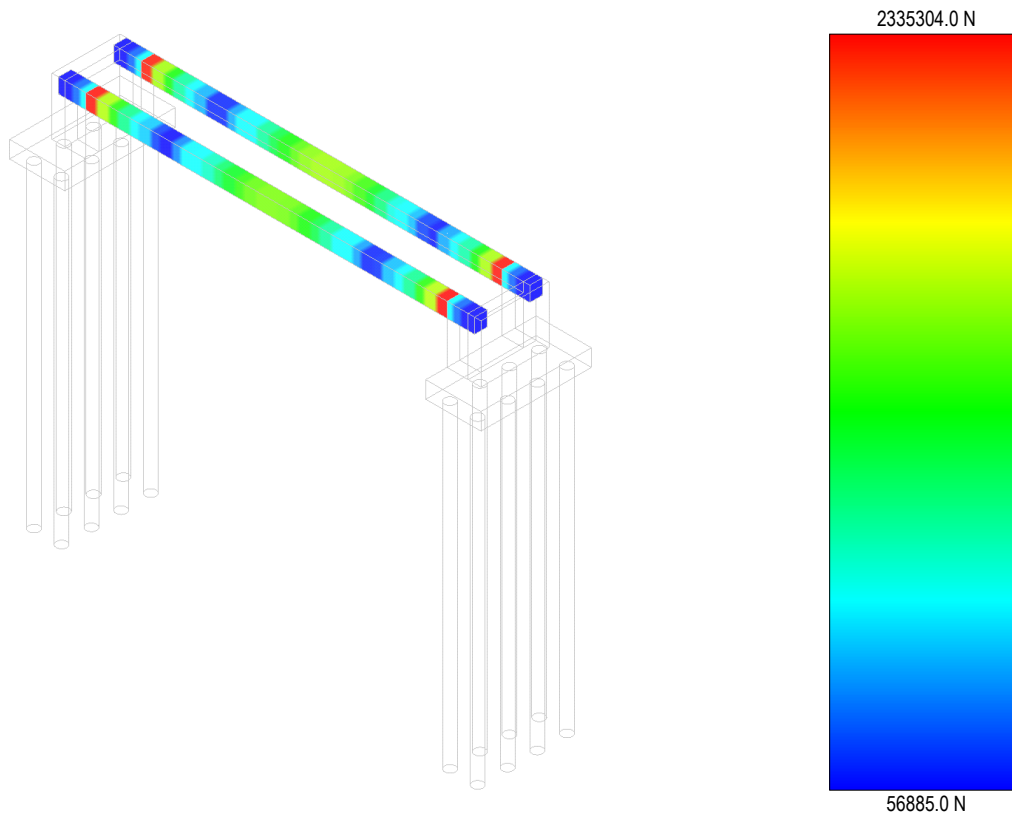
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Diagramma di sforzo normale per carichi statici



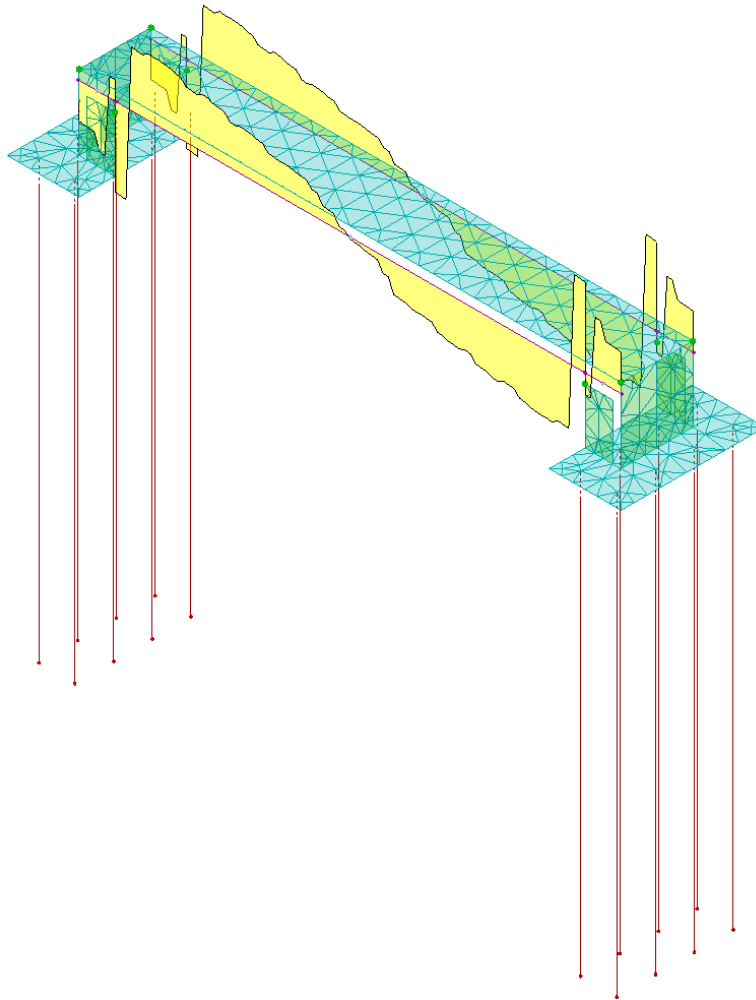
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori di sforzo normale per carichi statici



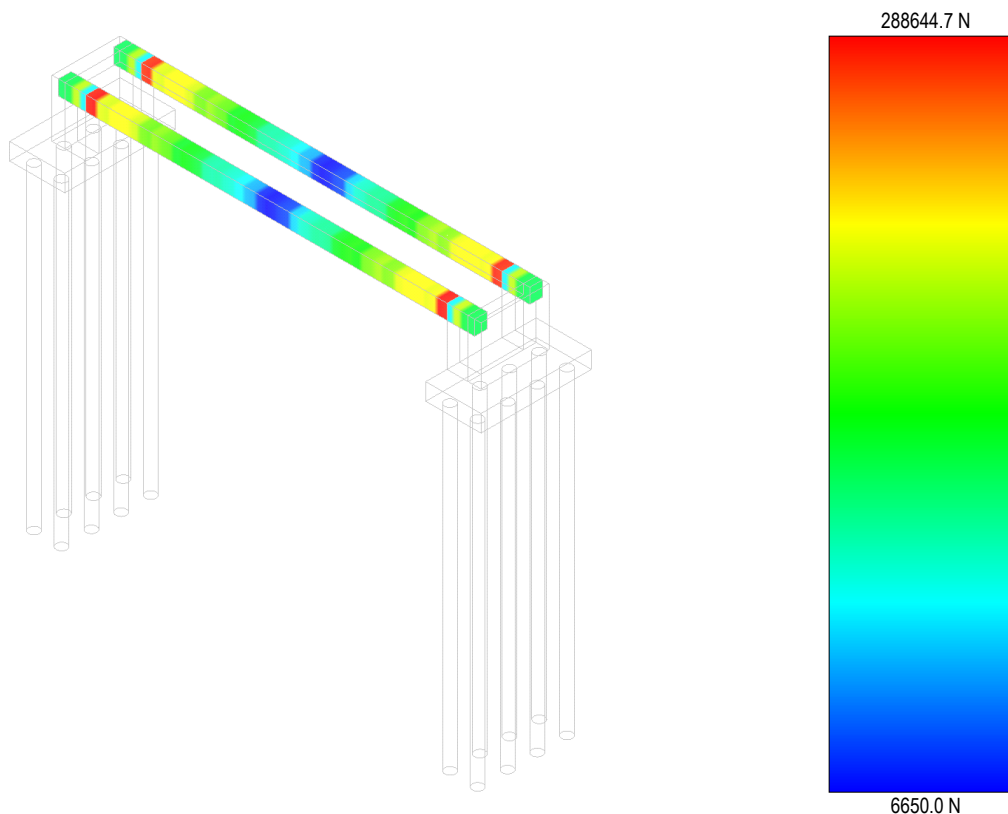
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Diagramma di taglio per carichi statici



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

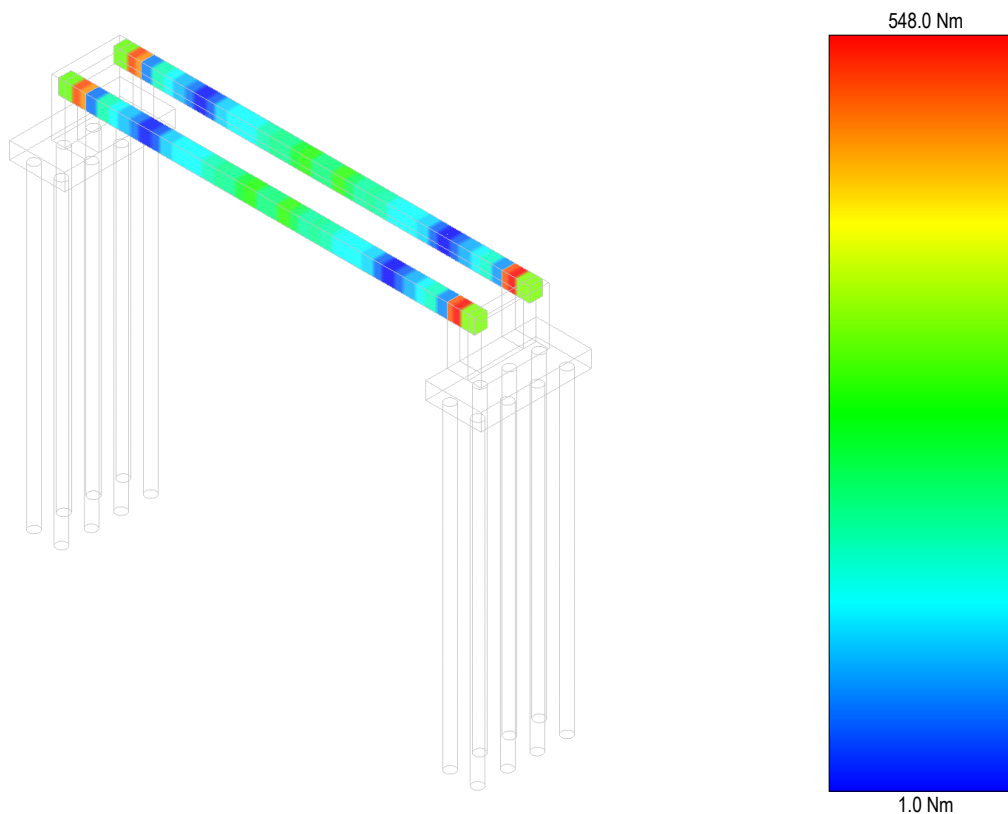
Valori di taglio per carichi statici



Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

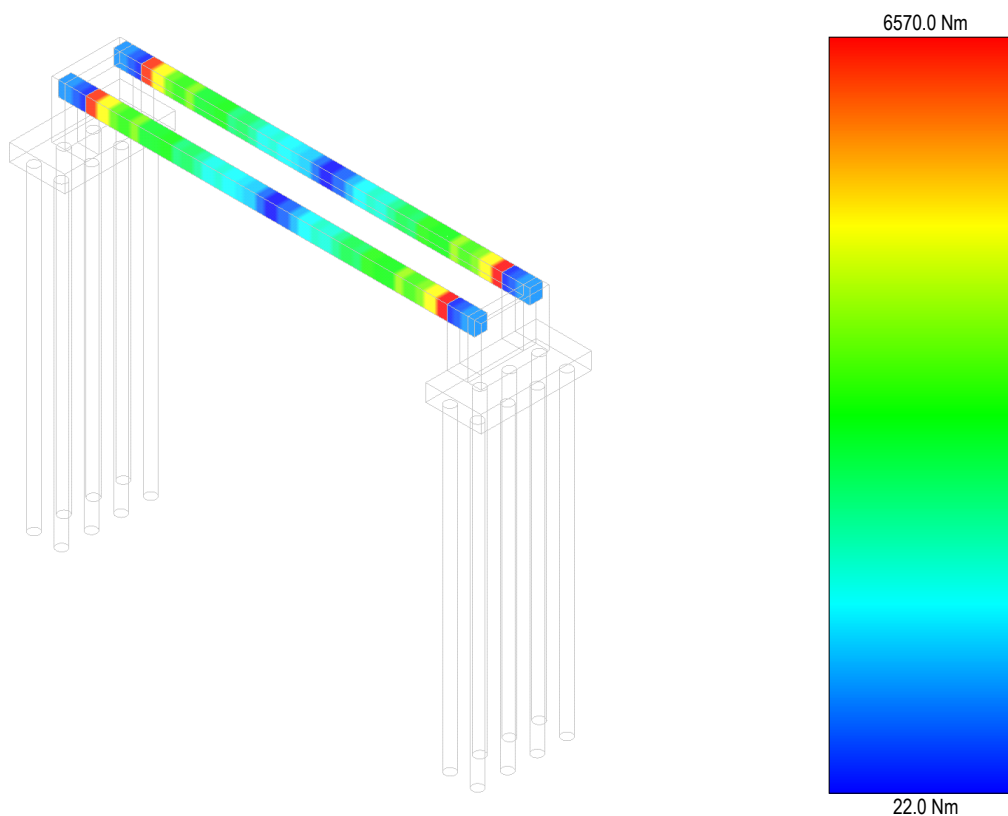
Valori momento torcente per sisma +X



Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

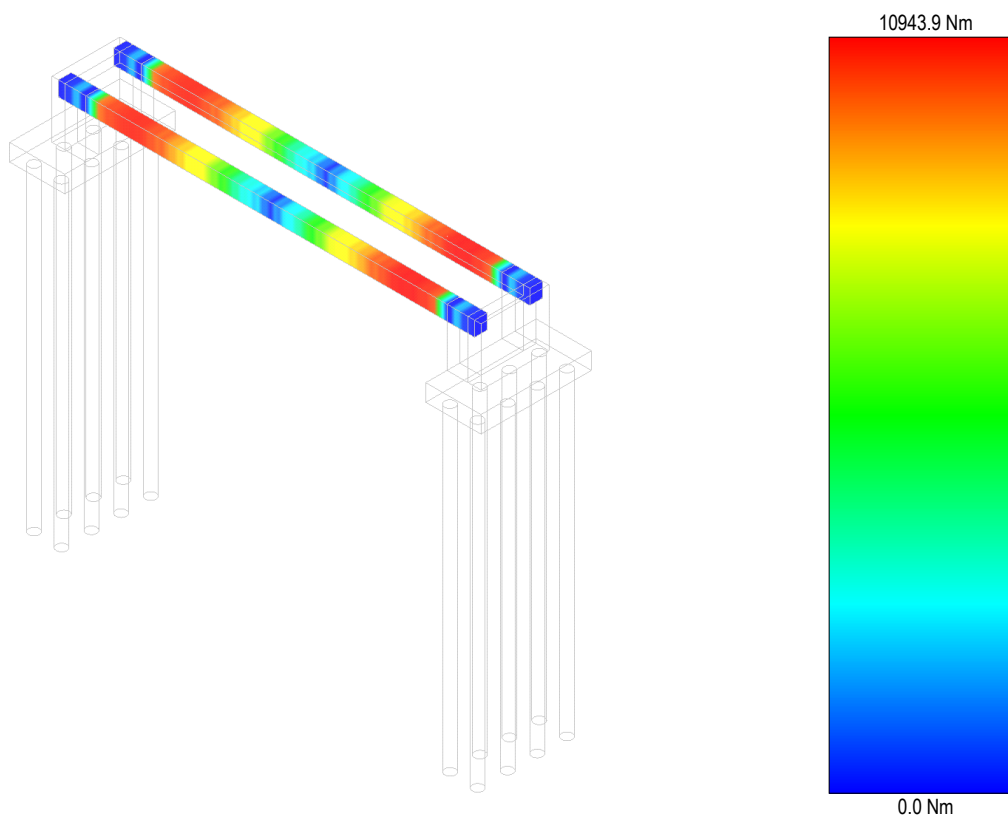
Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc

Valori momento torcente per sisma +Y



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

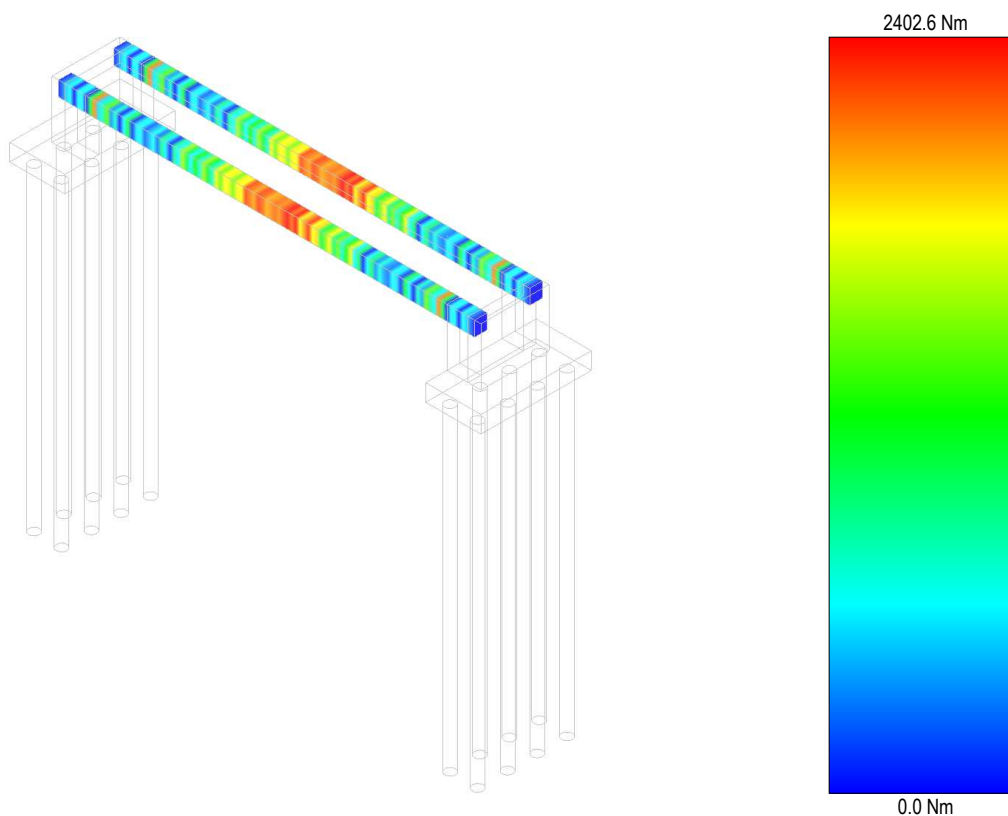
Valori momento flettente per per sisma +X



Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

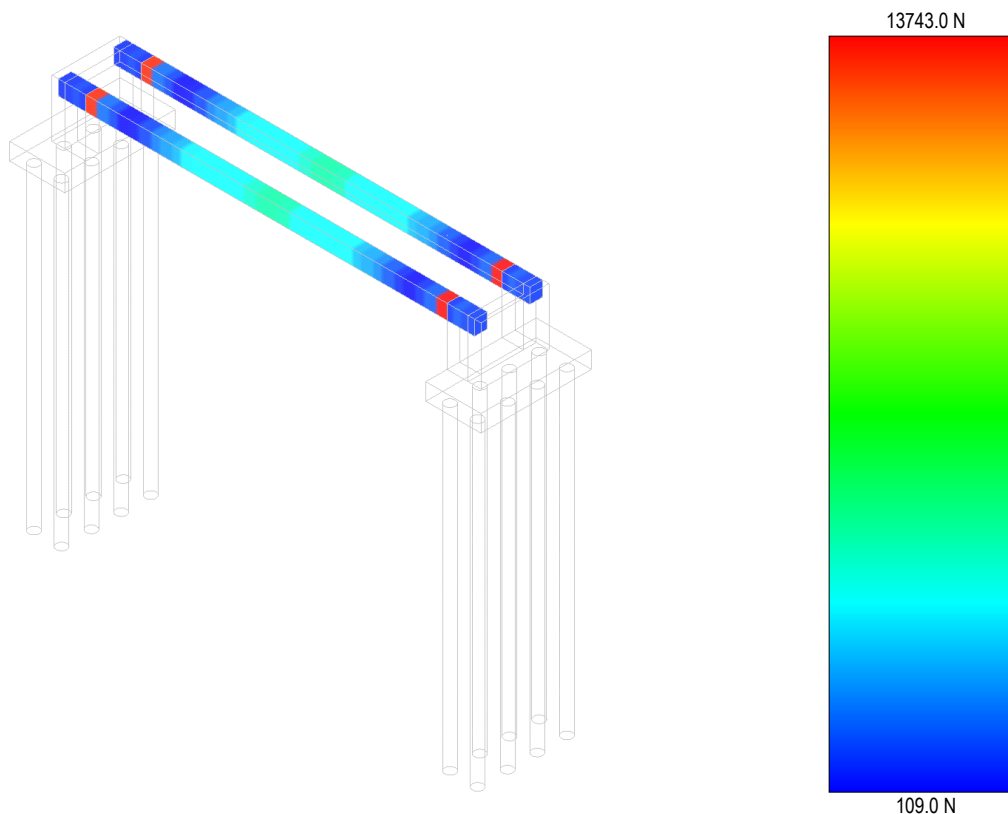
Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Valori momento flettente per per sisma +Y



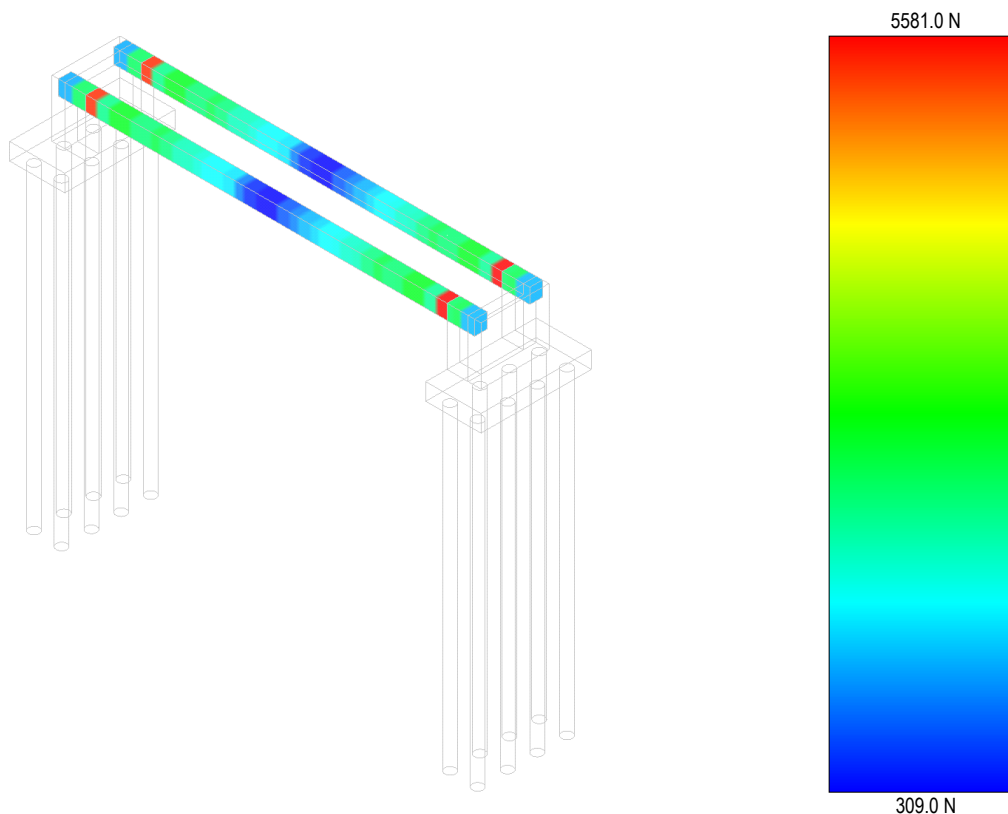
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori di taglio per sisma +X



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

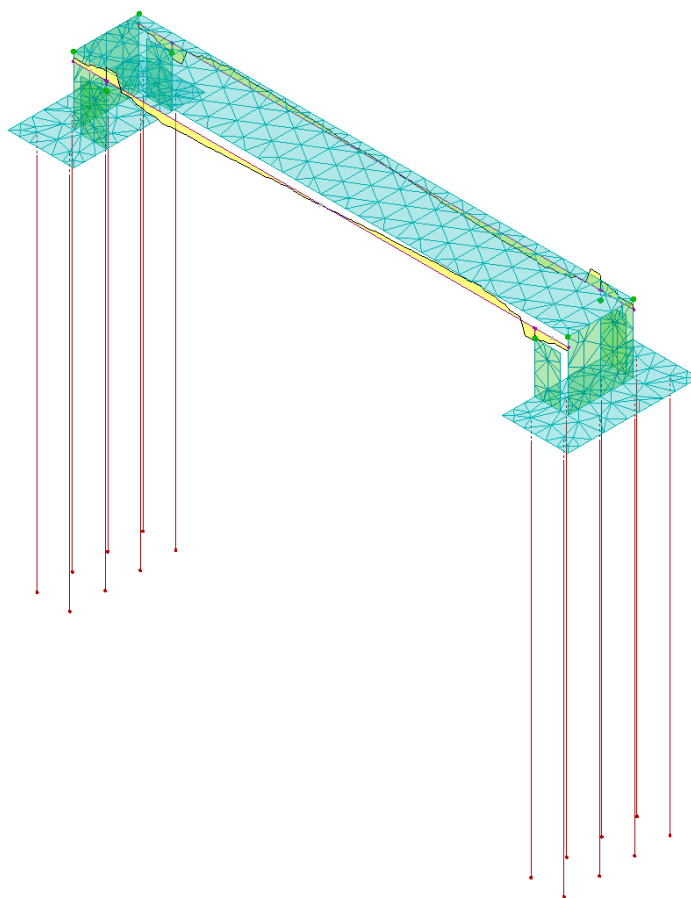
Valori di taglio per sisma +Y



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

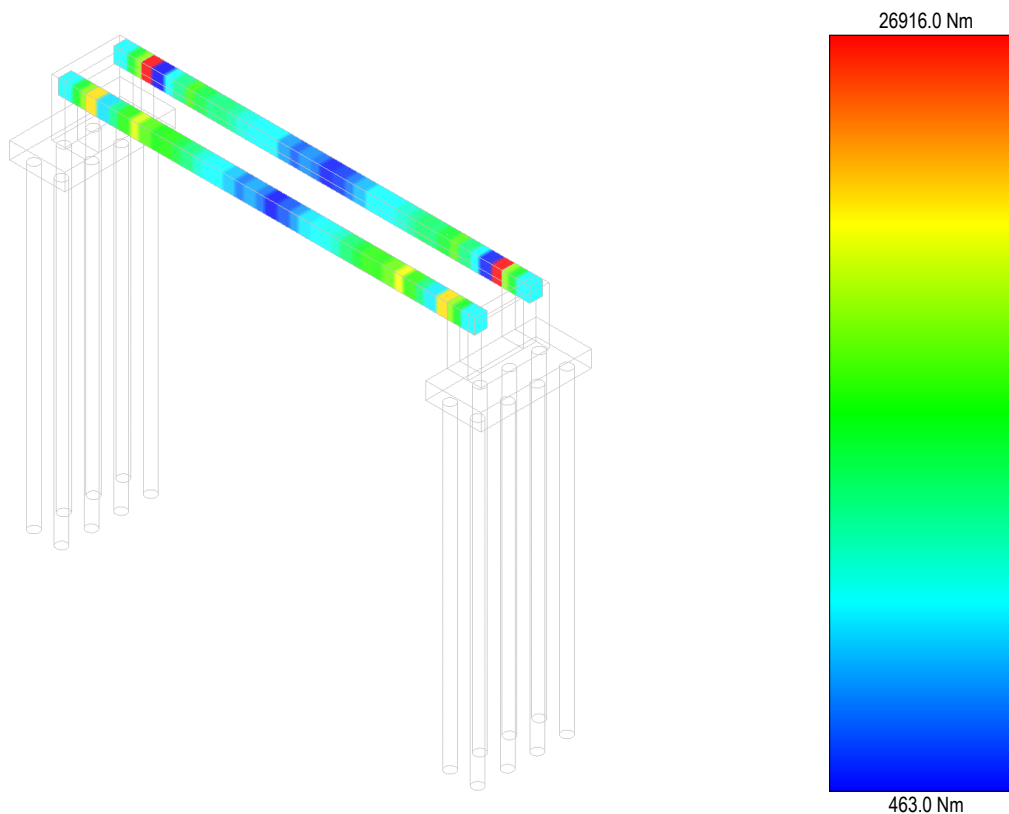
Ipotesi 3 – Travi con incastro

Diagramma momento torcente per carichi statici



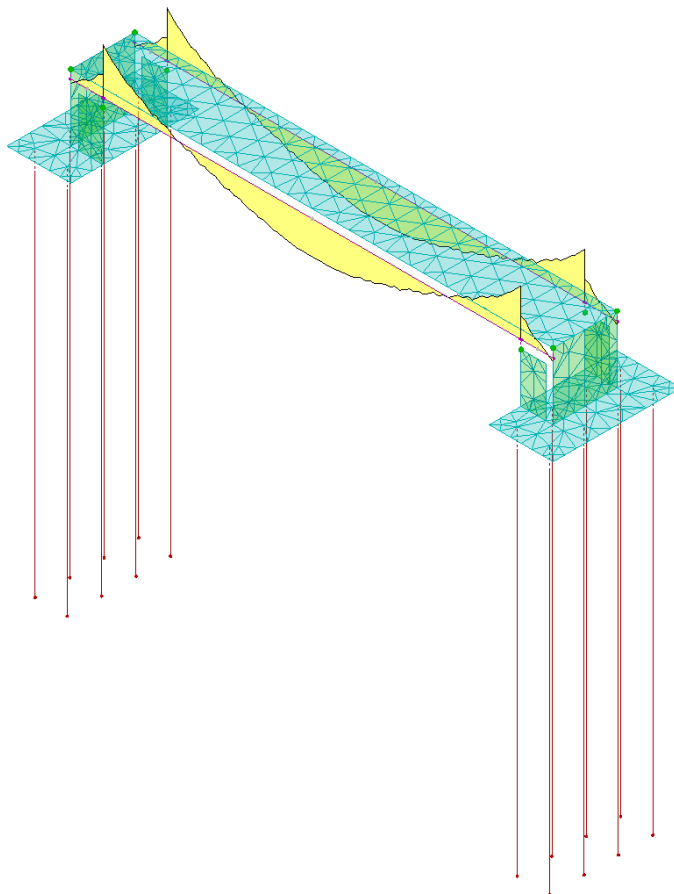
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori momento torcente per carichi statici



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

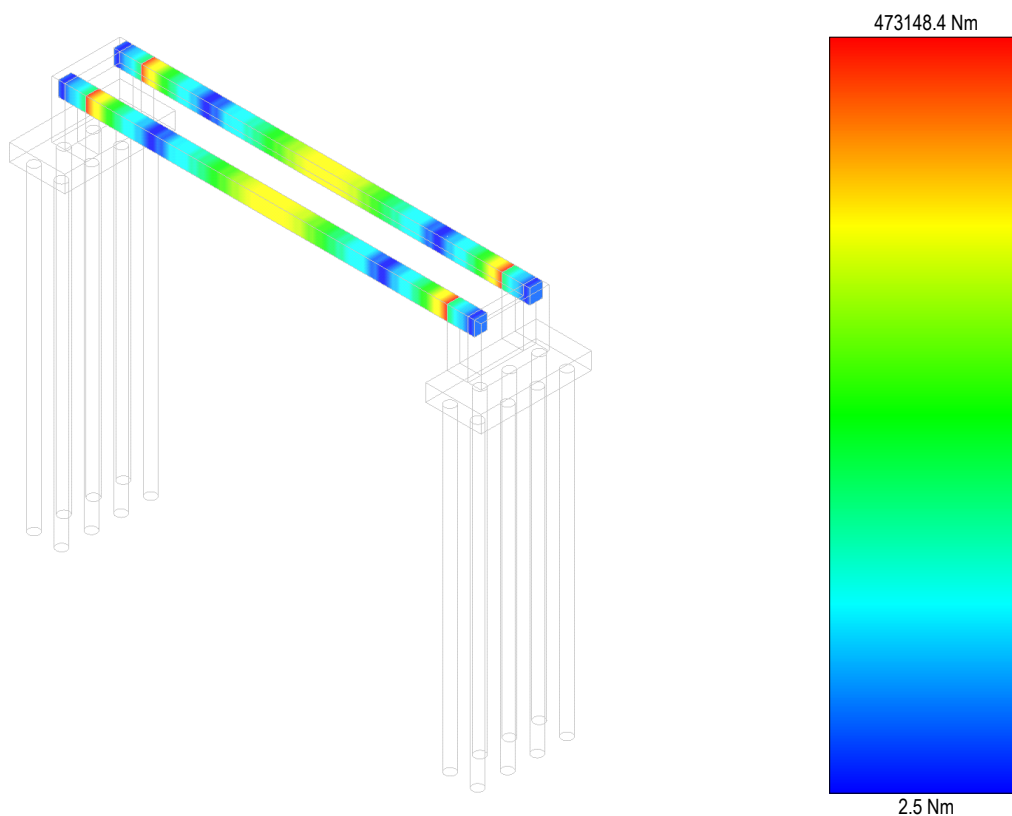
Diagramma momento flettente per carichi statici



Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

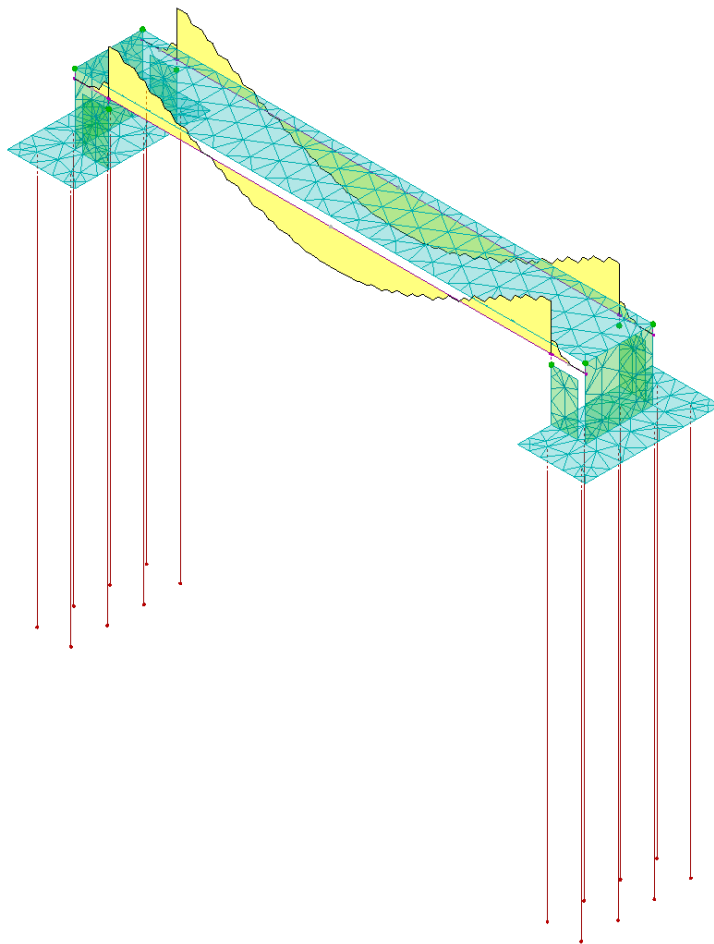
Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc

Valori momento flettente per carichi statici



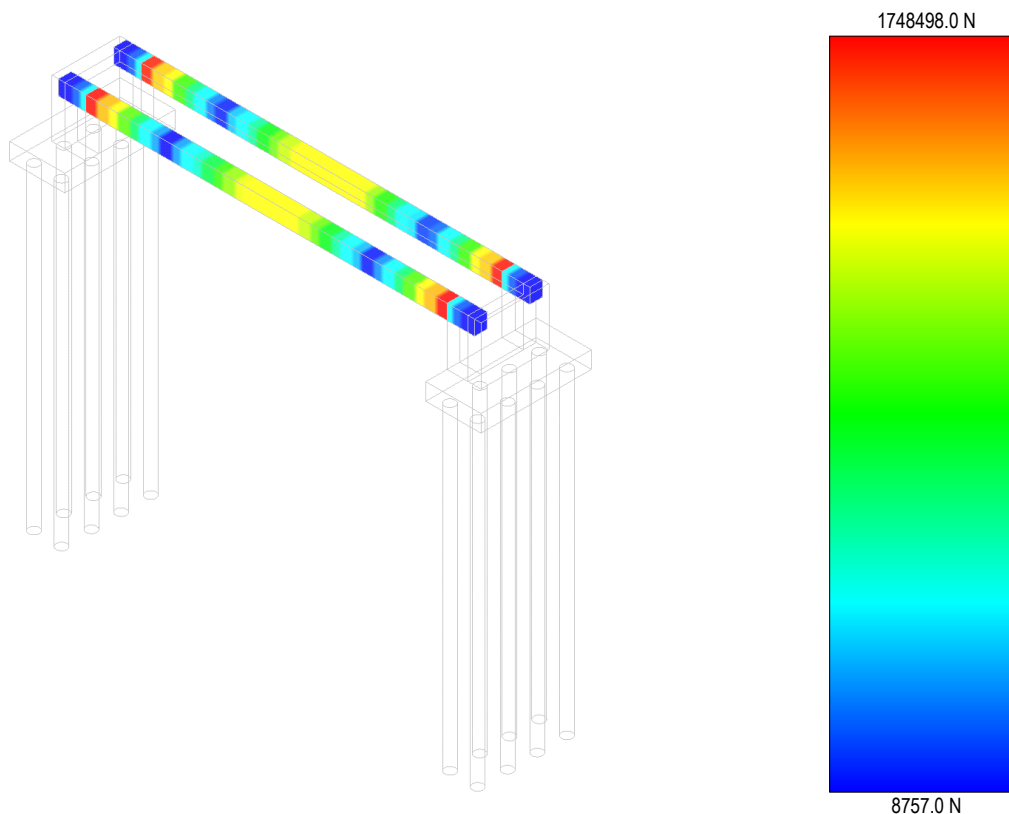
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Diagramma di sforzo normale per carichi statici



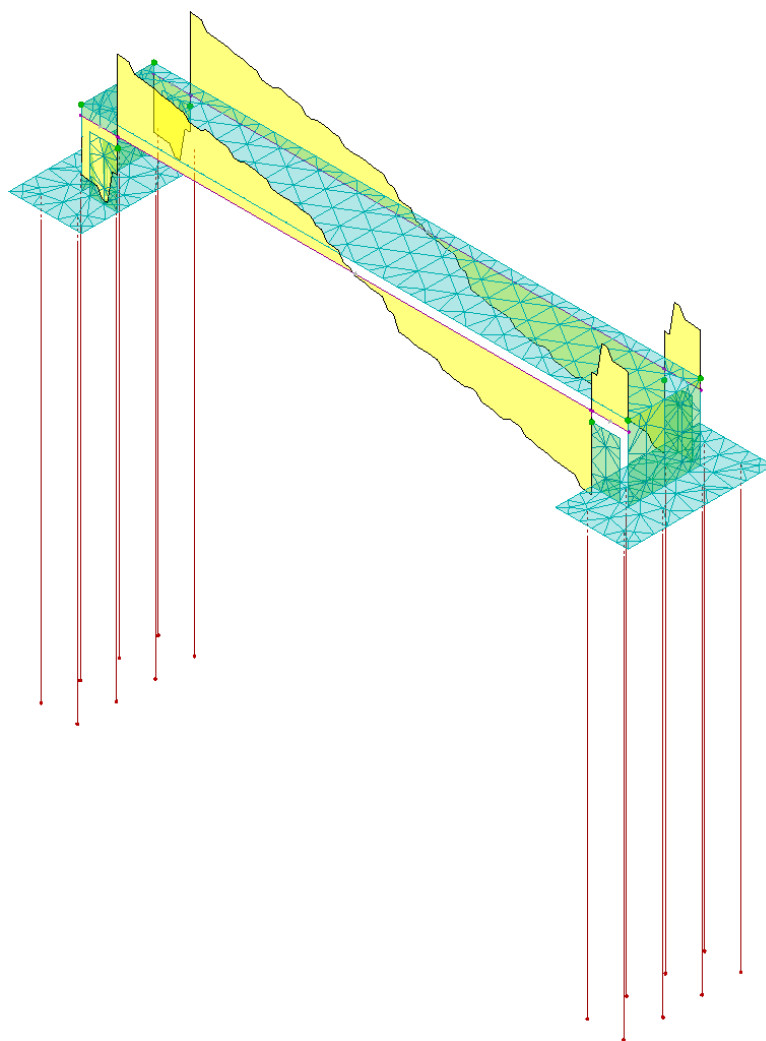
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori di sforzo normale per carichi statici



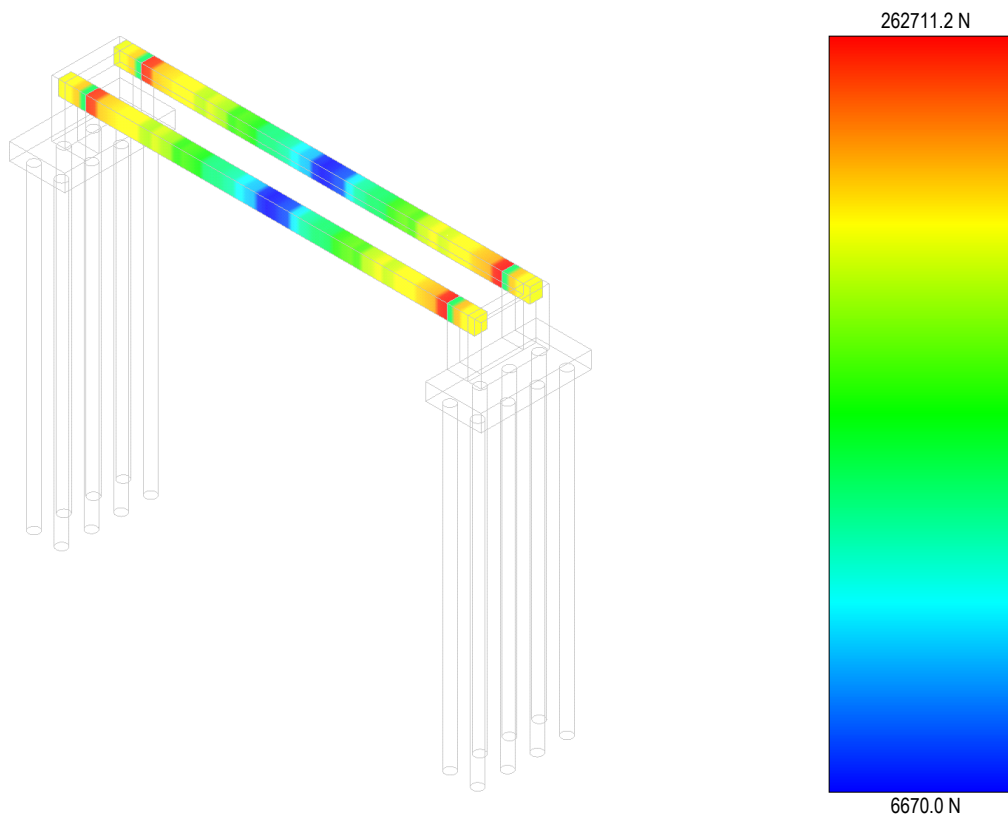
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Diagramma di taglio per carichi statici



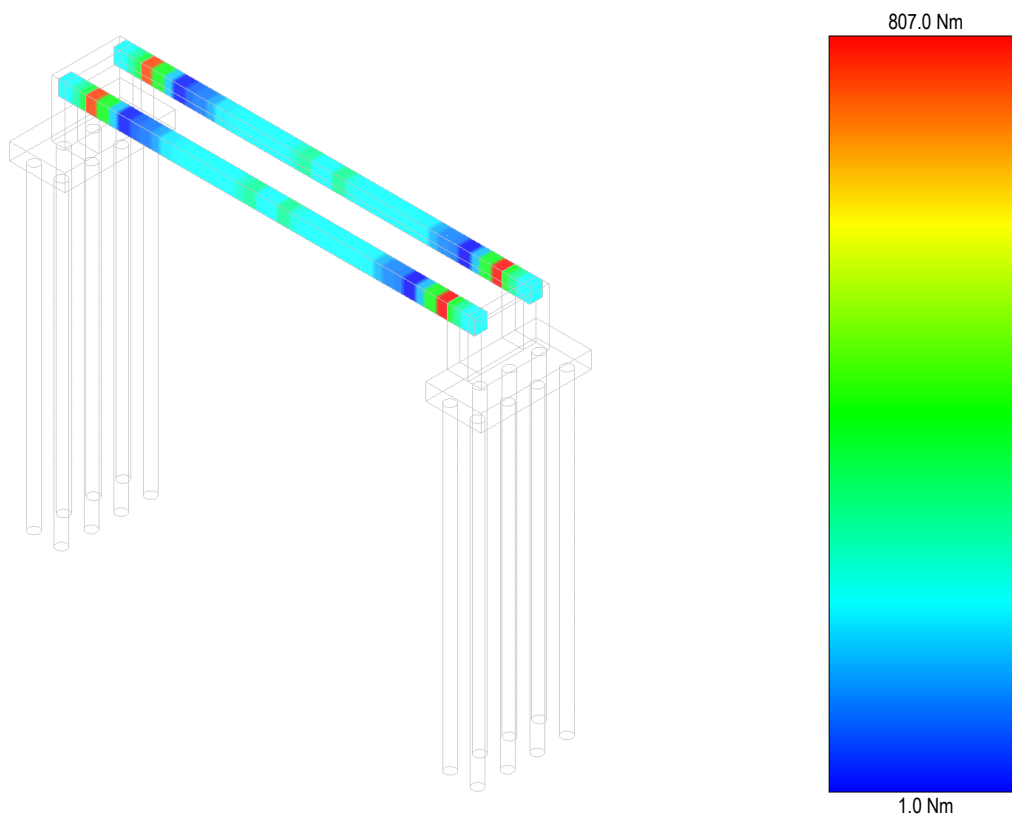
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori di taglio per carichi statici



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

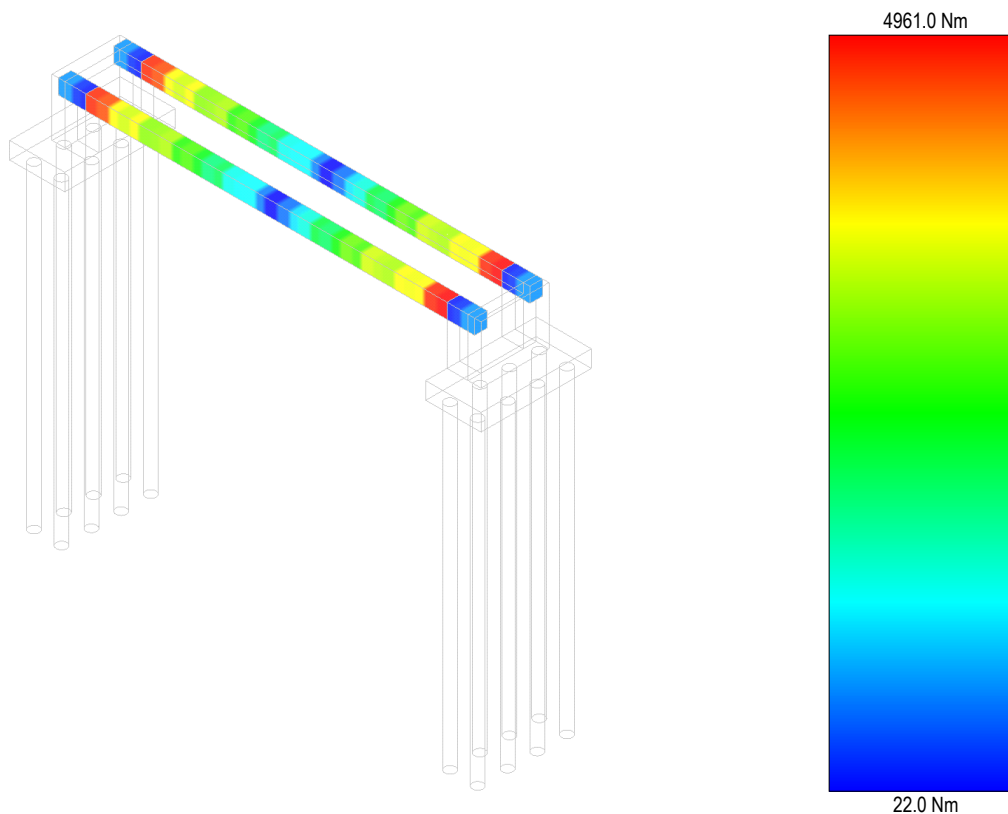
Valori momento torcente per sisma +X



Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

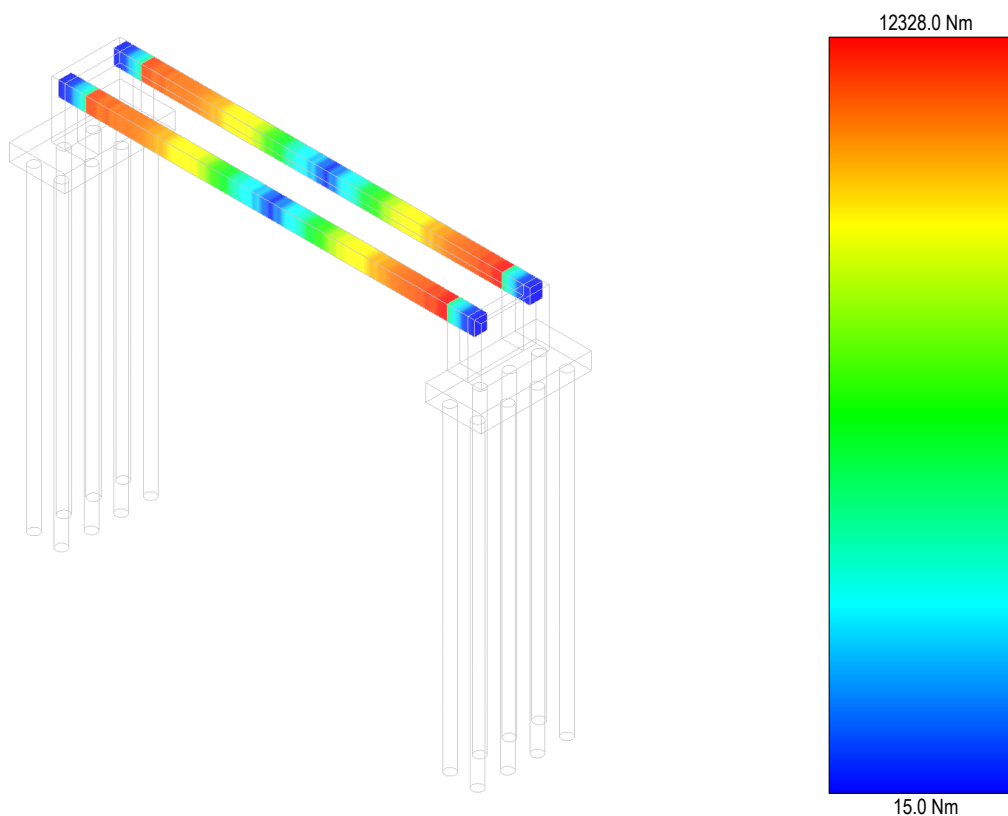
Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Valori momento torcente per sisma +Y



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

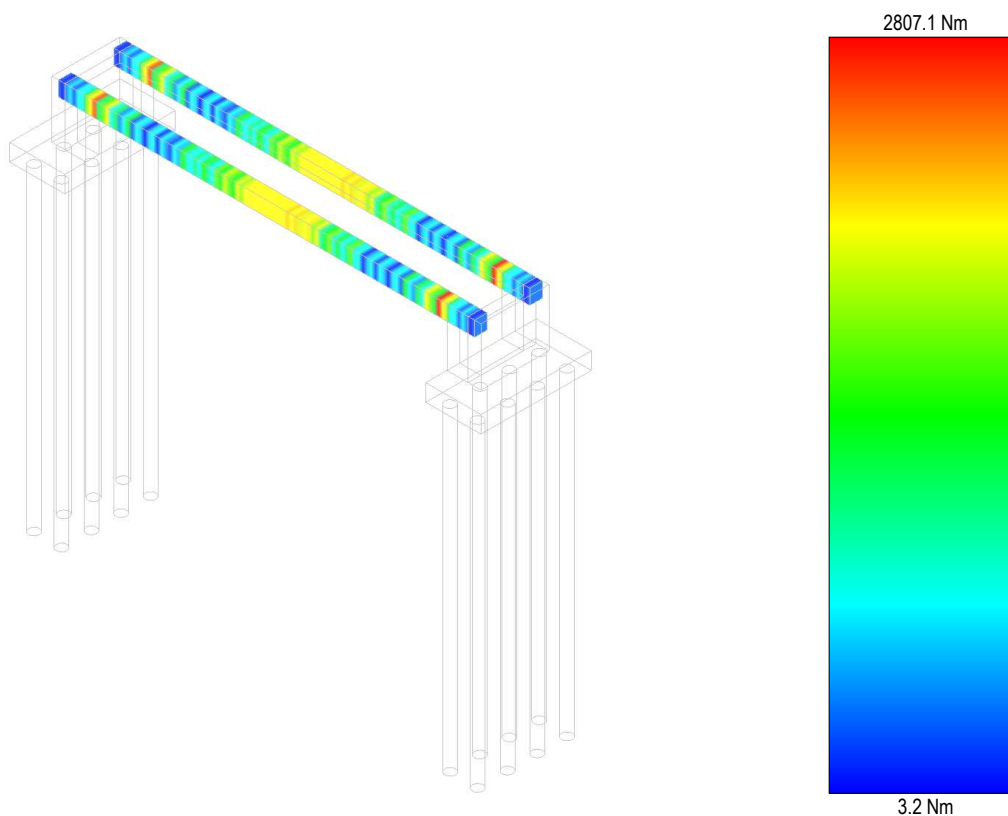
Valori momento flettente per per sisma +X



Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)

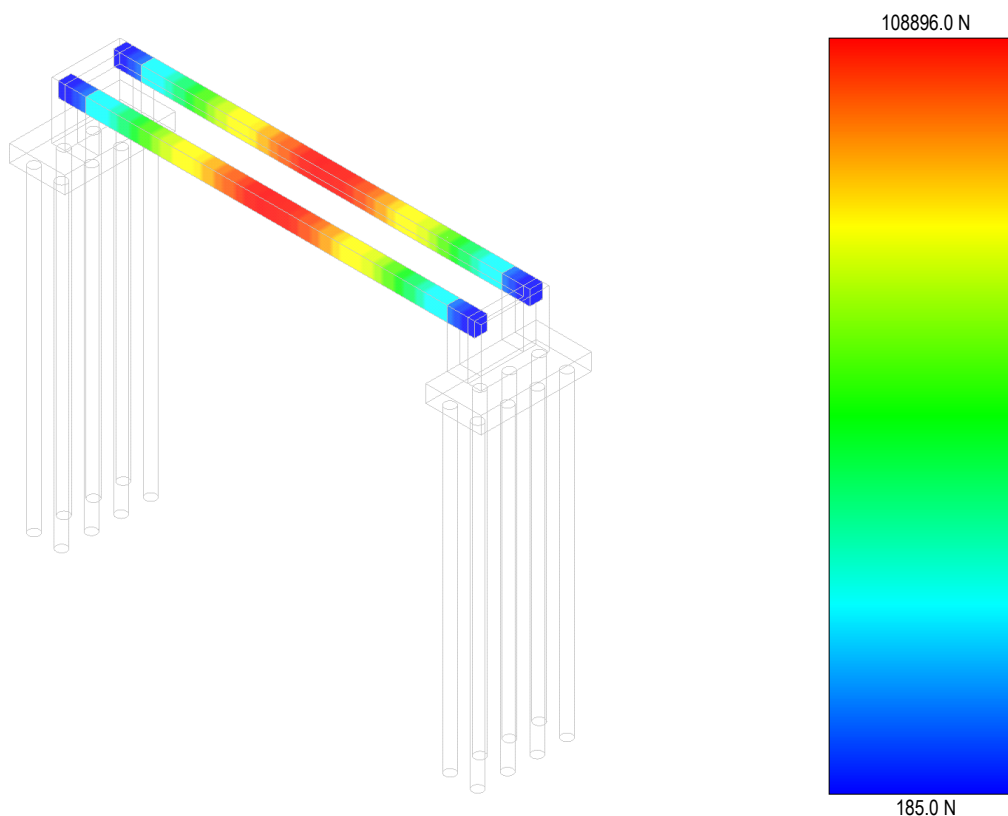
Data: aprile 2014
File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc

Valori momento flettente per per sisma +Y



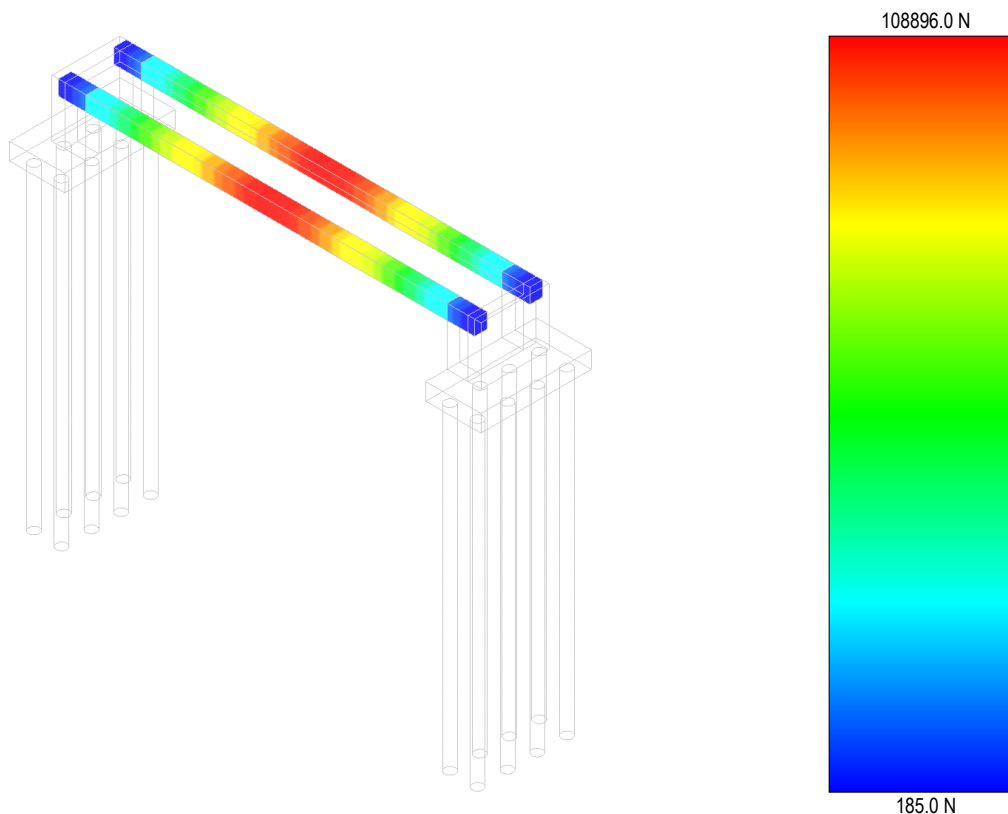
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori di sforzo normale per sisma +Y



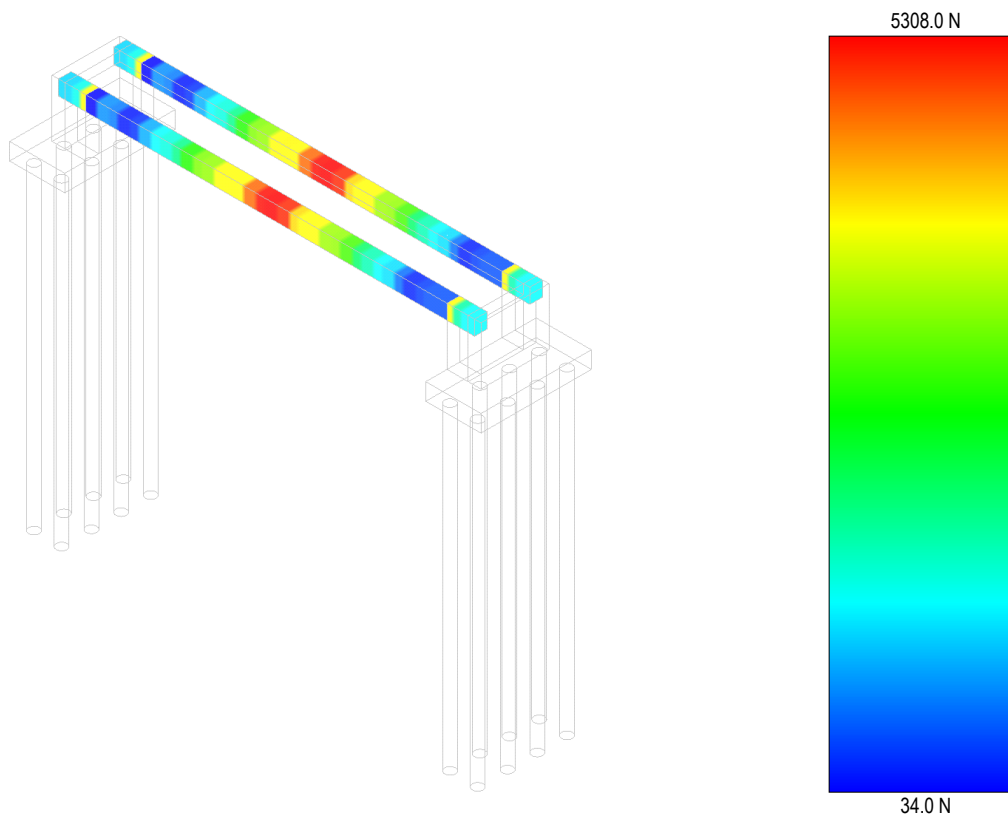
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Valori di sforzo normale per sisma +Y



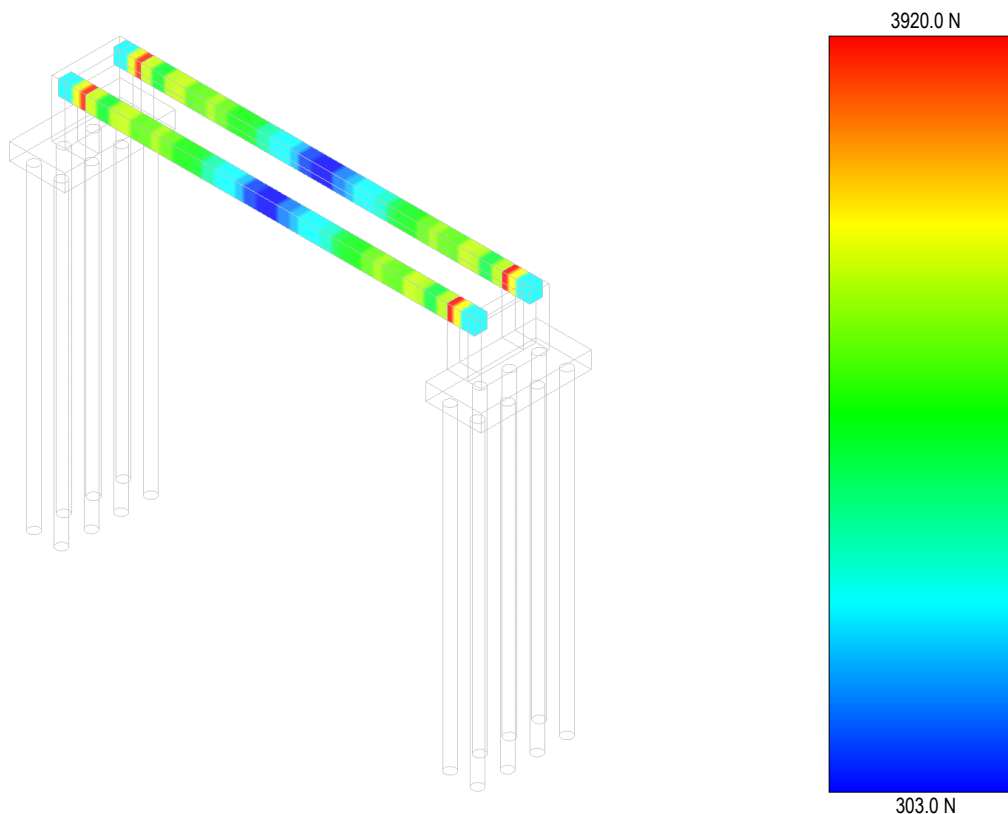
SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	


Valori taglio per per sisma +X



SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Valori taglio per per sisma +Y



 studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc	

Reazioni vincolari

La tabella con i valori delle reazioni vincolari è contenuta nei tabulati di calcolo allegati.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

Il programma di calcolo utilizzato, Edilus, è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste.

Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza professionale.

Di seguito, vengono elencati e sinteticamente illustrati i controlli svolti, specificando di volta in volta i metodi e gli schemi semplificati utilizzati:

- verifica delle resistenze di progetto dei materiali impiegati
- verifica delle caratteristiche geometriche delle sezioni
- l'equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati,
- verifiche di alcuni elementi strutturali

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

3. RELAZIONE SUI MATERIALI

3.1. Elenco dei materiali impiegati e loro posa in opera

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

- FONDAZIONI ED ELEVAZIONI: Calcestruzzo tipo C35/45 (Resistenza caratteristica $R_{ck} = 45.0 \text{ N/mm}^2$) armato con barre di acciaio ad adherenza migliorata tipo Acciaio B450C (Resistenza caratteristica $F_{yk} = 450.0 \text{ N/mm}^2$);
- PALI DI FONDAZIONE: Calcestruzzo tipo C35/45 (Resistenza caratteristica $R_{ck} = 45.0 \text{ N/mm}^2$) armato con barre di acciaio ad adherenza migliorata tipo Acciaio B450C (Resistenza caratteristica $F_{yk} = 450.0 \text{ N/mm}^2$);
- STRUTTURA PARAPETTO: Acciaio per strutture metalliche S235 (Resistenza caratteristica $F_{yk} 235.0 \text{ N/mm}^2$);
- SALDATURE PARAPETTO: Materiale d'apporto per saldature S235 (Resistenza caratteristica $F_{yk} = 235.0 \text{ N/mm}^2$);
- BULLONATURE PARAPETTO: Acciaio per Bulloni Classe 8.8 (Resistenza caratteristica $F_{yk} = 649.0 \text{ N/mm}^2$);

Calcestruzzi

Riferimenti: D.M. 14.01.2008, par. 11.2;
Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;
UNI EN 206-1/2006;
UNI 11104.

Tipologia strutturale:	Fondazioni ed elevazioni
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	45 N/mm ² (450 daN/cm ²)
Condizioni ambientali:	Ciclicamente asciutto e bagnato.
Classe di esposizione:	XD3
Rapporto acqua/cemento max:	0.45
Classe di consistenza:	S4
Diametro massimo aggregati:	16 mm

Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.
Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Provini da prelevarsi in cantiere

n°2 cubi di lato 15 cm;
un prelievo ogni 100 mc

$$\sigma_{c28} \geq 3 \cdot \sigma_c \text{ adm};$$

$$R_{ck} 28 = R_m - 35 \text{ kg/cm}^2;$$

$$R_{min} > R_{ck} - 35 \text{ kg/cm}^2$$

Parametri caratteristici e tensioni limite per il metodo degli stati limite


Tabella riassuntiva per vari R_{ck}

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
250	207.5	117.6	10.5	[kg/cm ²]
300	249.0	141.1	11.9	[kg/cm ²]
350	290.5	164.6	13.3	[kg/cm ²]
400	332.0	188.1	14.5	[kg/cm ²]
450	373.5	211.6	15.7	[kg/cm ²]
500	415.0	235.2	16.8	[kg/cm ²]

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
25	20.75	11.75	1.05	[N/mm ²]
30	24.90	14.11	1.19	[N/mm ²]
35	29.05	16.46	1.32	[N/mm ²]
40	33.20	18.81	1.44	[N/mm ²]
45	37.35	21.16	1.56	[N/mm ²]
50	41.50	23.51	1.67	[N/mm ²]

legenda:

- f_{ck} (resistenza cilindrica a compressione);
 $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$;
- f_{cd} (resistenza di calcolo a compressione);
 $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$
- f_{ctd} (resistenza di calcolo a trazione);
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$;
 $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$;
 $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ per classi $\leq C50/60$
 $f_{ctm} = 2.12 \cdot \ln[1 + f_{cm}/10]$ per classi $> C50/60$

 studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

Ritiro (valori stimati): 0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate);

0.10mm/m (strutture armate).

Rigonfiamento in acqua (valori stimati): 0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).

Dilatazione termica: $10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Viscosità $\phi = 1.70$.

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6 - Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Prospetto classi di esposizione e composizione uni en 206-1 (uni 11104 marzo 2004)

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
---------------------	---------------------------	--	----------	---------	-----------	--------------------

1 Assenza di rischio di corrosione o attacco

X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto ad cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasioni, gelo o attacco chimico	1	---	15	---
-----------	---	--	---	-----	----	-----


2 Corrosione indotta da carbonatazione

Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante, in questi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo ed il suo ambiente.

XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa o immerse in acqua	2a	0,60	30	300
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta	5a	0,55	35	320
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.	4a, 5b	0,50	40	340

3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare

XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri	5a	0,55	35	320
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua industriali contenente cloruri (piscine)	4a, 5b	0,50	40	340
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	5c	0,45	45	360

 studio di ingegneria srl	Comittente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare

XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità	4a, 5b	0,50	40	340
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersa in acqua	5c	0,45	45	360
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare	5c	0,45	45	360

5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti *(NB XF2 – XF3 – XF4 contenuto minimo aria 3%)

XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate o colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua	4a, 5b	0,50	40	320
XF2*	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti	3, 4b	0,50	30	340
XF3*	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo	2b, 4b	0,50	30	340
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto od indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare	3, 4b	0,45	35	360

6 Attacco chimico **)

XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acqua reflue	5a	0,55	35	320
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	5b	0,50	40	340
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acqua industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.	5c	0,45	45	360

*) il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: moderato occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; elevato alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

**) da parte di acque del terreno o acqua fluenti

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6_- Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

Acciaio per C.A.

(Rif. D.M. 14.01.2008, par. 11.3.2)

Acciaio per C.A. B450C	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
f_{tk} tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
f_{td} tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_S = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.35 \quad f_t / f_y \geq 1.15$$

Diametro delle barre: $6 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\leq 16 \text{ mm}$.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $6 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

- Modulo Elastico: $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2 (210.000 \text{ N/mm}^2)$
- Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$
- Modulo di elasticità trasversale: $G = E / [2*(1+\nu)] \text{ (N/mm}^2)$
- Coefficiente di espansione termica lineare: $\alpha = 12*10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (per } T < 100^\circ\text{C)}$
- Densità: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche minime dei materiali

	S235	S275	S355	S355
tensione di rottura	360 N/mm ²	430 N/mm ²	510 N/mm ²	550 N/mm ²
tensione di snervamento	235 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	440 N/mm ²

ACCIAIO PER BULLONATURE


NOTE m) il valore è ancora da definire, se richiesto, va concordato in fase di ordine.				CLASSE DI RESISTENZA (CARATTERISTICHE MECCANICHE A TEMPERATURA AMBIENTE)									
				4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9
									d ≤ 16	d > 16	d ≤ 16		12.9
Carico unitario di rottura	Rm	N/mm ²	min	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
Carico unitario di snervamento	Re	N/mm ²	min	240	340	300	420	480	-	-	-	-	-
Carico unitario di scostamento	Rp _{0.2}	N/mm ²	min	-	-	-	-	-	640	660	720	940	1100
Allungamento dopo rottura	A	%	min	22	24	20	22	20	12	12	10	9	8
Strizione dopo rottura	Z	%	min	-	-	-	-	-	52	52	48	48	44
Resilienza ^{K1}	Kv	J	min	-	-	27	-	-	27	27	27	27	m)
Durezza Brinell	HBW	-	min	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366
Durezza Brinell	HBW	-	max	209	209	209	209	238	304	318	342	361	414
Durezza Vickers	HV ₁₀	-	min	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
Durezza Vickers	HV ₁₀	-	max	220	220	220	220	250	320	335	360	380	435
Quando gli elementi di collegamento devono essere utilizzati a temperature superiori o inferiori di quella ambiente è responsabilità dell'utilizzatore assicurarsi che le caratteristiche meccaniche e fisiche siano soddisfacenti per le specifiche condizioni di servizio, es. ^{K1} le Kv at -20 °C per diametri ≥ 16 mm vanno concordate fra fabbricante e acquirente.													

SODANO ENGINEERING studio di ingegneria srl	Committente: A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	Documento: Relazione di calcolo strutturale
Lavoro: LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)		Data: aprile 2014 File: 2.6 - Relazione calcolo_strut_ponte esec.doc

3.2. Valori di calcolo

Le caratteristiche meccaniche dei diversi materiali sono riassunte nella seguente tabella:

																			Materiali	
N	Tipo	Descrizione	Sigla	ρ_k	Coeff. Dil. Termica	Modulo elastico		Rk	γ	γ_e	rid Fmk	Cat. Mur.	μ	Tipo Rot. Tag.		n	ft	fc	τ_R	N Act
						E	G							M	F					
001	CA	Cls C35/45_B450C	C35/45	25.000	0,000010	34.625	14.427	45,00	1,50	-	-	-	-	-	-	15	1,56	4,02	0,45	002
002	AcT	Acciaio B450C	B450C	78.500	0,000010	210.000	80.769	450,00	1,15	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
003	AcP	S235	S235	78.500	0,000012	210.000	80.769	235,00	1,05	-	-	-	-1,00	-	-	1	215,00	-	-	-
004	AcB	8.8	8.8	78.500	0,000012	210.000	80.769	649,00	1,25	-	-	-	-1,00	-	-	1	800,00	-	-	-
LEGENDA Materiali																				
N		Numero identificativo del materiale.																		
Tipo		Tipologia del materiale: [CA] = Calcestruzzo armato - [AcT] = Acciaio in tondini - [AcP] = Acciaio per profilati - [AcB] = Acciaio per bulloni -[G] = Altri materiali - [M] = Muratura - [MA] = Muratura armata - [B] = betoncino - [R] = Rinforzo FRP.																		
Sigla		Sigla del materiale.																		
Coeff. Dil. Termica		Coefficiente di dilatazione termica.																		
E		Modulo elastico normale.																		
G		Modulo elastico tangenziale.																		
Rk		Resistenza caratteristica del materiale. Il valore riportato è "Rck" per il calcestruzzo, "f _{yk} " per l'acciaio/bulloni, "f _{mk} " per la muratura ed "f _k " nel caso di altro materiale.																		
γ		Coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale. Il valore riportato è " γ_c " per il calcestruzzo, " γ_f " per l'acciaio, " γ_{M2} " per i bulloni, " γ_m " per la muratura e " γ_g " in caso di altro materiale.																		
γ_e		Coefficiente di sicurezza del modello.																		
ridFmk		Percentuale di riduzione di R _{cfmk} .																		
Cat.Mur.		Categoria muratura(p.11.10 DM 14/01/2008); [1] = Categoria I - [2] = Categoria II.																		
μ		Coefficiente di attrito.																		
Tipo Rot. Tag.		Tipo rottura a taglio del materiale: 1=per scorrimento 2 = per fessurazione diagonale 3 = per scorrimento e fessurazione. colonna M: Maschi - colonna F: Fasce.																		
n		Coefficiente di omogeneizzazione.																		
ft		Il valore riportato e' la "Resistenza di calcolo a trazione" per il calcestruzzo armato, la "Resistenza caratteristica a trazione" per la muratura, la "Resistenza caratteristica allo snervamento (t compreso tra 40mm e 80mm)" per l'acciaio, la "Resistenza caratteristica a rottura" per i bulloni.																		
fc		Il valore riportato e' la "Resistenza a rottura per flessione" per il calcestruzzo armato, la "Resistenza caratteristica a compressione orizzontale" per la muratura.																		
τ_R		Il valore riportato e' la "Resistenza tangenziale di calcolo" per il calcestruzzo armato, la "Resistenza caratteristica a taglio in assenza di compressione - f _{vk0} " per la muratura.																		
N Act		Identificativo, nella tabella materiali, dell'acciaio utilizzato.																		
ρ_k		Peso specifico.																		

 studio di ingegneria srl	<i>Committente:</i> A.I.Po Agenzia Interregionale per il fiume Po	<i>Documento:</i> Relazione di calcolo strutturale
<i>Lavoro:</i> LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA VIA ALZAIA SU CANALE FOSSETTA E RIPRISTINO DELLA CURVA DI REGOLAZIONE DELL'ALVEO DI MAGRA N.28 IN DESTRA PO IN LOCALITA' SACCA DI COLORNO (PR)	<i>Data:</i> aprile 2014 <i>File:</i> 2.6_- Relazione calcolo_strut_ ponte esec.doc	

4. ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI

Il progetto strutturale è corredato dai seguenti elaborati grafici:

- C.4. Piante, sezioni, prospetti di dettaglio
- C.5. Carpenteria ed armatura fondazioni, spalle e muri andatori
- C.6. Carpenteria ed armatura impalcato
- C.7. Carpenteria ed armatura travi

5. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

Si veda elaborato A.9

6. RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI – INDAGINI SPECIALISTICHE

Si veda elaborato B.03

Parma, 02/04/2014

(Ing. Nicola Falde) _____